PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. 15. Januar 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 3 am 17. Januar 1906.

INHALT.

Originalmitteilungen:

J. Precht, Explosionsgefahr bei Radium. S. 33.

E. Lecher, Über den Wendepunkt des Peltiereffektes bei Eisen-Kupfer. S. 34.

F. Giesel, Ein Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen. S. 35.

L. Kann, Hydrodynamischer Vorlesungsapparat. S. 36.

Vorträge und Diskussionen von der 77. Naturforscherversammlung zu Meran:

F. Hasenöhrl, Zur Integration der Maxwellschen Gleichungen. S. 37.

Vorträge und Abhandlungen vom ersten internationalen Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation zu Lüttich:

G. Sagnac, Die Methoden der Experimentaluntersuchung über die Umwandlung der X-Strahlen und der daraus resultierenden Sekundärstrahlen. S. 41.

G. Sagnac, Klassifikation und Mechanismus verschiedener elektrischer Wirkungen, welche von X-Strahlen herrühren. S. 50.

Th. Tommasina, Über die kinetische Theorie des Elektrons als Grundlage der Elektronentheorie der Strahlungen. S. 56.

Ch. E. Guye und H. Guye, Über die elektrostatische Festigkeit bei hohen Drucken. S. 62.

B. Fabinyi, Über die Eigenschaftsänderungen der Elemente, speziell des Chlors. S. 63.

R. Reiger, Über die Verwendung des Telephons zur Beurteilung des Rhythmus in Entladungsröhren. S. 68.

N. Wiltschikoff, Über die Moser-Strahlen. S. 69.

Besprechungen:

J. G. Marti, Lehrbuch der allgemeinen Physik. S. 70.

G. W. Berndt, Physikalisches Praktikum. I. S. 71.

G. Jäger, Theoretische Physik. II. III. S. 71.

H. Kurella, Elektrische Gesundheitsschädigungen am Telephon. S. 72.

Tagesereignisse. S. 72.

Personalien. S. 72.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Explosionsgefahr bei Radium.

Von Julius Precht.

Am 27. Dezember 1904 schmolz ich in ein Glasröhrchen von 2 mm lichter Weite und 0,5 mm Wandstärke 25 mg reinstes Radiumbromid [1]) ein, das fein pulverisiert und durch längeres Erhitzen auf 150° von einem Teile seines Kristallwassers befreit war. Das Röhrchen, das anfangs zu zahlreichen Messungen im Eiskalorimeter benutzt war, wurde Ende November dieses Jahres mehrfach in flüssige Luft gebracht und nachher wieder auf Zimmertemperatur erwärmt.

Nachdem das Röhrchen diese Behandlung etwa siebenmal ohne Schaden ertragen hatte, explodierte es plötzlich mit scharfem Knall, während es unberührt auf einem Holztisch lag, drei Minuten nach dem Herausnehmen aus der flüssigen Luft. Die Gewalt der Explosion war so heftig, daß die Glasmasse in nahezu mikroskopische Teilchen zerstäubt wurde, während das Radiumbromid in staubförmiger Verteilung im Dunkeln als leuchtender Sternenhimmel auf dem Fußboden des Zimmers wiederzufinden war. Der Tisch war fast frei von Radium; die Hauptmasse lag bis in mehr als 1 m Entfernung vom Tisch am Boden.

Der explosionsartige Charakter des Vorgangs läßt es als ausgeschlossen erscheinen, daß ein Springen des Glases infolge der vielleicht schnellen Temperaturänderung erfolgt ist, denn dann wäre das Glas im wesentlichen an seiner Stelle geblieben. Wenigstens einige größere Stücke des Glases hätten sich in der Umgebung wiederfinden müssen. Die Tatsache der vollständigen Zerstäubung des Glases beweist vielmehr, daß ein ganz bedeutender Überdruck im Röhrchen vorhanden war, der nach den Abmessungen des Röhrchens auf etwa 20 Atmosphären zu schätzen ist.

Das Radium hätte demnach ein Gas, sei es nun Emanation oder Helium, von etwa 20 Atmosphären Druck im Laufe von 11 Monaten in dem Röhrchen entwickelt.

Diese Beobachtung ruft die Erinnerung wach an eine von E. Dorn [1]) beschriebene Erscheinung, bei welcher ein funkenähnliches Geräusch beim Aufschneiden eines größeren Röhrchens nach halbjähriger Lagerung wahrgenommen wurde. Elektrische Wirkungen, wie sie Herr Dorn anführt, sind von mir nicht beobachtet. Starker Ozongeruch wurde bemerkt.

In ihren „Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen" beschreibt Frau Curie (deutsche Ausgabe 1904, S. 87), daß ein sehr dünnes, mit Radiumsalz gefülltes Glasröhrchen zwei Monate nach dem Zusammenschmelzen beim Erhitzen explodierte. „Die Explosion rührte wahrscheinlich vom Druck der eingeschlossenen Gase her."

Quantitative Betrachtungen über den Vorgang werde ich anstellen, nachdem einige naheliegende Versuche [2]) ausgeführt sind. Doch möchte ich die Mitteilung der Tatsache nicht hinaus-

1) Durch Herrn Giesel von Buchler & Co. in Braunschweig bezogen.

1) E. Dorn, diese Zeitschr. **4**, 507, 1903.

2) Es ist inzwischen gelungen, bei im Vakuum getrocknetem Radiumbromid die dauernde Entwicklung eines Gases von bequem meßbarem Druck nachzuweisen.

schieben, um die Herren Fachgenossen vor ähnlichem Schaden zu bewahren.

Hannover, 4. Dezember 1905. Physik. Institut der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 6. Dezember 1905.)

Über den Wendepunkt des Peltiereffektes bei Eisen-Kupfer.

Von Ernst Lecher.

In einem Vortrage, den ich jüngst auf dem Meraner Naturforschertage hielt[1]), habe ich gezeigt, wie die Bestimmung des Thomsoneffektes mit den bekannten Größen des Peltiereffektes und der thermoelektrischen Kraft sich in einfacher Weise zu einem Diagramme vereinigen läßt, welches sämtliche Vorgänge in einer Thermokette in ganz allgemeiner Weise zur Anschauung bringt, ohne über den Sitz der elektromotorischen Kraft eine bestimmte Annahme machen zu müssen. Das von mir ausführlich behandelte Beispiel bezog sich auf Kupfer-Eisen und es war die von der Theorie geforderte Übereinstimmung eine sehr gute bis auf einen Punkt. Meine diesbezüglichen Kurven schienen nämlich darauf hinzudeuten, daß das Verschwinden des Peltiereffektes und das Maximum der thermoelektrischen Kraft nicht zusammenfallen. Trotzdem ich nun bei den einzigen direkten 4 Messungen, welche mir in der Literatur bekannt waren, eine Abweichung im gleichen Sinne fand, so wagte ich die Frage doch nicht zu entscheiden und ließ dieselbe offen. Meine Messungen über die Thomsonwärme ergeben diesbezüglich ja nur eine Differenz von etwa 10 Graden; die in dem erwähnten Vortrage gegebenen Linien für Kupfer sind, wie ich dort auch ausdrücklich einigemal anführte, etwas gekrümmter und es ist daher in der Figur die Abweichung größer gezeichnet als ich sie fand. Eine solche Differenz von wenigen Graden kann aber leicht durch Versuchsfehler verursacht sein und ich hoffte, daß direkte Messungen hier leicht Klarheit schaffen würden.

Nun zeigte sich die Sache bei der Ausführung aber weniger einfach, als ich gedacht hatte. Das Verschwinden des Peltiereffektes läßt sich zwar mit verhältnismäßig großer Genauigkeit und verhältnismäßig leicht bestimmen; viel schwieriger ist es aber, das Maximum der thermoelektrischen Kraft herauszubekommen. Die Parabel, welche die Abhängigkeit dieser Größe von der Temperatur darstellt, verläuft im Maximum so flach, daß bei einer Änderung der Temperatur von etwa 20° nur mit Mühe eine Veränderung des thermoelektrischen Stromes zu bemerken ist. Gleichwohl ergaben aber die Versuche[1]), daß innerhalb einer Fehlergrenze von etwa 5° bei 255° C der Peltiereffekt Null wird, und daß gleichzeitig bei derselben Temperatur das Maximum der elektromotorischen Kraft eintritt.

Ich möchte nun im folgenden auch noch an der Hand meines Diagrammes zeigen, daß dies aus theoretischen Gründen geschehen muß.

In den folgenden zwei Figuren habe ich der Einfachheit wegen die Kupferlinie z horizontal gezeichnet. Dieselbe stellt also das dar, was ich in meiner zitierten Arbeit als „Mitführung der Wärme" in Kupfer bezeichnete. Die Linie x ist die analoge Kurve für Eisen und y gibt uns die Kurve für den Peltiereffekt. Dabei sei erwähnt, daß, wenn wir kompliziertere Annahmen machen, wie die dort unter II und III gegebenen, zwar die Diagramme auch komplizierter werden, daß aber die Resultate sich nicht ändern.

Annahme I: Es liege der Nullpunkt des Peltiereffektes tiefer (z. B. bei 200°) als das Maximum der elektromotorischen Kraft (z. B. bei 260°).

Betrachten wir nun ein Thermoelement zwischen den Temperaturen 200° und 230°; in demselben fließt der Strom bei 230° vom Kupfer zum Eisen, also in demselben Sinn, wie bei gewöhnlichen Temperaturen. Der Peltiereffekt ist aber infolge der Annahme bereits ein entgegengesetzter als bei gewöhnlichen Temperaturen, so daß ein Strom, der von Eisen zu Kupfer geht, Kälte erzeugt.

Bezeichnen wir eine Höhendifferenz (siehe Fig. 1) zwischen zwei Punkten, z. B. einem beliebigen z und einem beliebigen y durch $\widehat{y_{t_1} z_{t_2}}$ so erhalten wir als Resultat unserer Messungen für die Wirkungen unseres Thermostromes:

1) Diese Zeitschrift **6**, 781, 1905.

1) Eine genauere Darstellung der Versuche erscheint in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie.

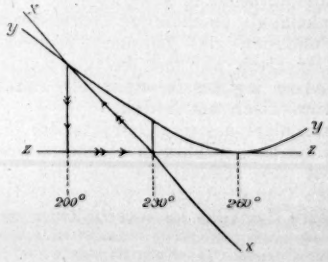


Fig. 1.

In der Lötstelle 200° wird keinerlei Wärme auftreten. Ebenso wird auch keine Wärme auftreten im Kupferdraht, dessen horizontale Richtung dem Fehlen jedes Thomsoneffektes entspricht. Hingegen haben wir im Eisendrahte eine Höhendifferenz $\overset{\frown}{x_{200}x_{230}}$ und da der Strom hier in der Richtung des Wärmegefälles fließt, bedeutet dies nach meinen Messungen Wärmeabsorption, d. h. wenn alles stationär geworden, Wärmeaufnahme des Systems. In der Lötstelle 230° hingegen tritt ein Peltiereffekt auf in der Größenordnung $\overset{\frown}{x_{230}y_{230}}$; hier fließt der Strom vom Kupfer zum Eisen, und da dieser Punkt bereits jenseits des Wendepunktes für den Peltiereffekt sich befindet, so bedeutet das eine Wärmeerzeugung d. h. für unser stationär gewordenes System eine Wärmeabgabe. Die Differenz der Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe wird ausgedrückt durch $\overset{\frown}{y_{200}y_{230}}$, genau so, wie wir es für den Verlauf der elektromotorischen Kraft brauchen. Es ist die aufgenommene Wärmeenergie um jenen Betrag größer als die abgegebene Wärmeenergie, welcher der erzeugten elektromotorischen Kraft entspricht. Hingegen aber wäre die aufgenommene Wärmemenge bei der Temperatur 200° bis 230° in unser System hineingegangen und die kleinere, abgegebene Wärmemenge bei einer Temperatur 230° aus unserem System herausgegangen. Und das ist nach dem zweiten Hauptsatze unmöglich, denn es müßte ja gerade umgekehrt sein, die größere, in das System hineingegangene Wärmemenge müßte bei der höheren Temperatur aufgenommen sein und dafür eine kleinere Wärmemenge bei einer tieferen Temperatur abgegeben werden.

Annahme II: Es liege der Nullpunkt des Peltiereffektes höher (z. B. bei 270°) als das Maximum der elektromotorischen Kraft (z. B. bei 240°, siehe Fig. 2).

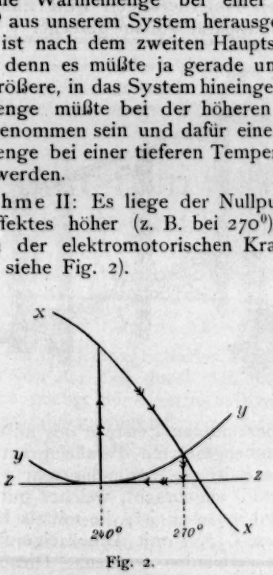


Fig. 2.

Betrachten wir nun ein Thermoelement zwischen den Temperaturen 240° und 270°; in demselben fließt der Strom bei 270° vom Eisen zum Kupfer, also im entgegengesetzten Sinne wie bei gewöhnlichen Temperaturen. Der Peltiereffekt ist aber infolge der Annahme ein solcher, wie er bei gewöhnlichen Temperaturen auftritt, so daß ein Strom, der von Eisen zu Kupfer geht, Wärme erzeugt.

Wir erhalten hier als Resultat der wirklichen Messungen: In der Lötstelle 240° tritt ein Peltiereffekt auf in der Größenordnung $\overset{\frown}{y_{240}x_{240}}$. Hier fließt der Strom vom Kupfer zum Eisen, und da dieser Punkt sich diesseits des Wendepunktes für den Peltiereffekt befindet, so bedeutet dies Wärmeabsorption, d. h. für unser stationär gewordenes Element Wärmezufuhr. Im Eisendrahte haben wir eine Höhendifferenz $\overset{\frown}{x_{240}x_{270}}$ und da der Strom hier dem Wärmegefälle entgegenfließt, so bedeutet dies nach meinen Messungen Wärmeerzeugung, d. h. wenn alles stationär geworden, Wärmeabgabe des Systems. In der Lötstelle 270° und ebenso im Kupferdrahte haben wir keinerlei Wärmewirkung. Auch hier wäre der erste Hauptsatz befriedigt. Die Wärmeaufnahme ist größer als die Wärmeabgabe und zwar um $\overset{\frown}{z_{270}y_{270}}$, wie es mein Diagramm verlangt. Hingegen aber fände auch hier die Wärmeaufnahme bei tieferer Temperatur statt als die Wärmeabgabe und das ist unmöglich.

Wir sehen also, daß beide Annahmen zu Widersprüchen führen. Hingegen läßt sich leicht zeigen, daß dieser Widerspruch verschwindet, wenn der Nullpunkt des Peltiereffektes und das Maximum der elektromotorischen Kraft zusammenfallen. Die Frage, ob der ganze Vorgang ein reversibler sei oder nicht, kommt bei unserer Erörterung gar nicht in Betracht. Zu ähnlichen Resultaten gelangt auf anderem Wege auch Planck.[1])

Nachdem dieser einzige dunkle Punkt in der von mir versuchten graphischen Darstellung der thermoelektrischen Größen geklärt ist, so haben wir in den gegebenen Diagrammen ein sehr einfaches und übersichtliches Mittel, um uns die Vorgänge in einer Thermokette klar zu machen. Selbstverständlich muß dieses Schema jetzt für eine Reihe von Metallen durchprobiert werden.

1) Wied. Ann. **38**, 635, 1889.

(Eingegangen 23. November 1905.)

Ein Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen.

(Eine Erwiderung.)

Von F. Giesel.

In seiner in dieser Zeitschrift **6**, 676, 1905 erschienenen Prioritätsreklamation, betreffend

einen von mir angegebenen Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen, beanstandet Herr Dahms folgenden Passus in einem meiner an ihn gerichteten Briefe:

„Ihr mir mitgeteiltes Arrangement: Bogenlicht — Jenenser Blauglas — Hartgummiplatte — Sidotschirm ist sehr schön und bequem, und deshalb habe ich diese Anordnung auch beschrieben; prinzipiell bietet sie aber nichts Neues, was eine besondere Namensnennung berechtigen sollte."

Da eine rein private Korrespondenz hierdurch in die Öffentlichkeit gezogen ist, so sehe ich mich veranlaßt, die in dem letzten Satze ausgesprochene Behauptung auch öffentlich zu begründen.

Die Verwendung einer Ebonitplatte als Strahlenfilter rührt von H. Becquerel her, der, soviel mir bekannt, als erster die Durchlässigkeit dieser Substanz für ultrarotes Licht erkannte und auf Schirmen Sidotscher Blende Auslöschungsfiguren von Metallgegenständen erzeugte. Die Beobachtung, daß mein Sidotblendenschirm durch kurzwelligeres, speziell blaues Licht stärker erregt wird, als durch weißes, habe ich gemacht, lange bevor ich mit Herrn Dahms in Korrespondenz trat. Auf meine spätere briefliche Mitteilung dieser Tatsache schlug Herr Dahms an Stelle des von mir verwandten Kobaltglases das Jenenser Blauglas vor. Ich kann diesen Vorschlag nicht für so wesentlich halten, daß darauf der Anspruch begründet werden kann, die Versuchsanordnung als geistiges Eigentum des Herrn Dahms anzugeben. Zudem ist die Beschaffenheit des Zinksulfids, wie ich es seinerzeit (vor etwa 10—12 Jahren) hergestellt habe und wie es in neuerer Zeit erst nach langem Probieren wieder hergestellt werden kann, von ausschlaggebender Bedeutung für das Gelingen des Versuchs. Mir ist kein Präparat anderer Herkunft bekannt, das die Auslöschung durch ultrarote Strahlen auch nur annähernd mit solcher Deutlichkeit zeigt wie das meinige.

Bei dieser Sachlage wird es mir nicht verdacht werden, wenn ich die brieflich an mich gerichtete Forderung des Herrn Dahms, meine ganze Veröffentlichung auf sein Konto zu überschreiben, ablehnte. Die von Herrn Dahms in seiner Reklamation gewählte Form[1]) muß den Anschein erwecken, als hätte ich mir fremdes Gut angeeignet. Gegen diese Art der Darstellung erhebe ich ganz entschieden Protest.

1) Siehe auch Jahrb. d. Radioaktivität und Elektronik **2**, 342, 1905.

(Eingegangen 8. November 1905.)

Hydrodynamischer Vorlesungsapparat.

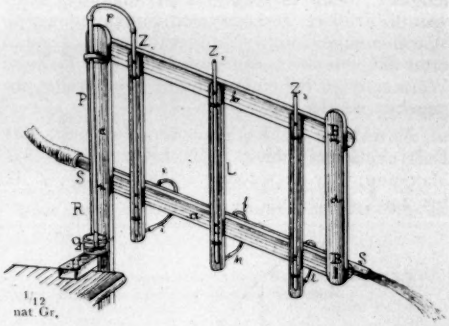
Von Leopold Kann.

Der vorliegende Apparat hat den Zweck, die Druckverhältnisse in Flüssigkeiten, welche durch verschieden geneigte Röhren fließen, in kontinuierlichem Übergange vorzuführen.

Die Vorteile eines solchen Apparates werden besonders dem Lehrer der Physik ohne weiteres einleuchten, der die Schwierigkeiten kennt, welchen z. B. die richtige Auffassung der Verhältnisse, unter welchen in solchen von Flüssigkeiten durchströmten Röhren Saugwirkung eintritt, begegnet; und welchen die gegenwärtig übliche Art der Demonstration kaum gewachsen ist, bei welcher ein Apparat mit horizontalem Strömungsrohr und in demselben fix eingesetzten vertikalen Druckzeigerröhrchen — und ein zweiter ev. auch noch dritter, getrennter Apparat mit geneigtem Strömungsrohr und entsprechend eingesetzten vertikalen Röhrchen zur Verwendung kommen müssen.

Es handelt sich also darum: einem Rohre, während es — nehmen wir an — von Wasser durchströmt wird, jede beliebige Neigung geben zu können (es z. B. in stetem Übergange aus der Horizontalstellung in eine nach aufwärts oder nach abwärts geneigte überzuführen); wobei es möglich sein muß, die Druckverhältnisse und Druckveränderungen — etwa an Wasserstandsröhrchen — beobachtend zu verfolgen.

Diesen Anforderungen wird nun der vorliegende Apparat vollauf gerecht:



An der unteren Leiste *a* des mittels Bolzen *B* zusammengesetzten Parallelogramm-Gelenk-Rahmens *R* ist das Strömungsrohr *S* (aus Glas oder Metall) angebracht, welches mit Ansätzen (*e*, *f* usw.) versehen ist, die mittels Kautschukschläuchen *i*, *k*, *l* mit Druckzeigerröhrchen *Z* aus Glas verbunden werden. Diese sind auf schmalen, mit Millimeterteilung versehenen Leisten *L* aufmontiert, welche in entsprechenden Abständen parallel zu den Vertikalleisten *c*, *d* mittels Schrauben an den Leisten *a*, *b* beweglich angebracht sind; welche Anordnung

zwangläufig dazu führt, daß die Röhrchen Z bei jeder Bewegung des Gelenkrahmens R parallel zu c, d, — also, wenn diese senkrecht stehen, vertikal bleiben.

Der Apparat kann mittels der an der Vertikalleiste c befestigten Zwinge H an jedem Tisch oder Stativ festgeschraubt werden. Das Festziehen oder Lockern der Flügelschrauben der Bolzen B bewirkt eine strengere oder leichtere Beweglichkeit des Rahmens in seinen Gelenken.

Wird das Strömungsrohr S, z. B. in horizontaler Stellung, mittels eines Kautschukschlauches mit einem geeigneten Wasserreservoir oder besser mit einer Wasserleitung verbunden, und strömt das Wasser mit einer bestimmten, von der Wasserhahnstellung abhängigen Geschwindigkeit durch das Rohr, so kann der Druck an den Stellen e, f usw. an dem Wasserstand der Röhren Z abgelesen werden. Die Wasserkuppen liegen bekanntlich auf einer Geraden von solcher Neigung, daß sie das Rohr in der Ausflußöffnung trifft.

Soll das Strömungsrohr nun nach aufwärts geneigt werden, so braucht man bloß den Rahmen R nach aufwärts zu drehen. Hierbei nehmen die Leisten a und b, und mit ihnen S, die gewünschte Neigung an, während c und d, und ebenso die Röhrchen Z, vertikal bleiben. Jetzt kommt zu den Reibungswiderständen im Rohre S noch die durch die Neigung des Rohres bestimmte Schwerekomponente des durchfließenden Wasserstrahles hinzu, und die Druckabnahme von einem Röhrchen Z zum andern (d. i. eben der zur Überwindung der auf diesem Wege im Rohre gelegenen Bewegungswiderstände nötige Überdruck) wird größer.

Drehen wir hingegen den Rahmen R und mit ihm das Rohr S allmählich aus der horizontalen Stellung nach abwärts, so hilft nunmehr die jetzt immer größer werdende Schwerekomponente auf der immer stärker nach abwärts sich neigenden schiefen Ebene bei der Überwindung der Reibungswiderstände mit — und der Überdruck von einem Röhrchen Z zum anderen wird immer kleiner, bis bei einer bestimmten Stellung[1]) der Druck überall im Rohre gleich wird. Wird das Rohr nun noch stärker nach abwärts geneigt, so überwiegt die Schwerekomponente — die Röhrchen Z zeigen einen negativen Druck, — es tritt Saugwirkung ein, und zwar abnehmend von Z_1 gegen Z_3.

Dies wird sehr anschaulich gezeigt, indem man Z_1 mittels Kautschukschlauchs p mit der in das mit Wasser gefüllte Gefäß g tauchenden Glasröhre P verbindet, welche (ebenso wie g) in einfachster Weise an der Leiste c befestigt ist. Bei dem von mir selbst gebauten Apparat wird hierbei — bei ca. 35° Neigung von S — das Wasser in P über 40 cm hoch gesaugt.

1) Diese ermöglicht auch eine ungefähre Berechnung der Reibung im Rohre bei der betreffenden Geschwindigkeit.

Pilsen, November 1905.

(Eingegangen 28. November 1905.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 77. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU MERAN.

Fritz **Hasenöhrl** (Wien), **Zur Integration der Maxwellschen Gleichungen.**

1. Analogon der Greenschen Funktion.

Ist für ein elektromagnetisches Feld die Abhängigkeit von der Zeit durch den Faktor e^{pt} gegeben, so genügt der elektrische Kraftvektor den Differentialgleichungen[1])

$$q^2 \mathfrak{E} = \Delta \mathfrak{E}\,; \quad \operatorname{div} \mathfrak{E} = 0 \qquad (1)$$

$$q^2 = \frac{\mu}{c^2}(\varepsilon p^2 + \sigma p).$$

Sind zwei Vektorfunktionen vorgegeben, die den obigen Gleichungen genügen, etwa $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{E}'$, so gilt der Satz:

$$\int \frac{d\sigma}{\mu}\left\{[\operatorname{rot} \mathfrak{E}\cdot\mathfrak{E}']_n - [\operatorname{rot} \mathfrak{E}'\cdot\mathfrak{E}]_n\right\} = 0 \qquad (2)$$

1) Die Bezeichnungsweise ist durchwegs die in der Enzykl. d. Wiss. V 2, 13 angegebene.

Hierin bedeutet $\int d\sigma$ eine Integration über die Begrenzung σ des Raumes S, in dem $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{E}'$ sich regulär verhalten und den obigen Differentialgleichungen genügen. n ist die Normale nach innen.

Wählen wir für $\mathfrak{E}'$ den Vektor:

$$\left\{\left(\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right); -\frac{\partial^2}{\partial x\,\partial y}; -\frac{\partial^2}{\partial x\,\partial z}\right\}\frac{e^{qr}}{r}, \qquad (3)$$

so sind zwar die Gleichungen (1) erfüllt, doch ist $\mathfrak{E}'$ im Ursprung irregulär. Wir umgeben daher diesen Punkt mit einer kleinen Kugel und bilden das obige Oberflächenintegral auch über die Oberfläche der letzteren. Nähert sich der Radius der Kugel dem Werte Null, so erreicht das über die Kugel erstreckte Oberflächenintegral eine bestimmte Grenze, und man gelangt auf diese Weise zu einem dem Greenschen Satz ganz analogen Theorem:

$$\frac{4\pi}{3}\frac{q^2}{\mu}\mathfrak{E}_x{}^0 = \int d\sigma \frac{1}{\mu}\left\{[\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}\cdot\mathfrak{E}']_n - [\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}'\cdot\mathfrak{E}]_n\right\}, \quad (4)$$

worin $\mathfrak{E}_x{}^0$ den Wert von $\mathfrak{E}_x$ im Ursprung bedeutet.[1])

Verstehen wir unter $\mathfrak{G}$ einen Vektor, der den Gleichungen (1) genügt, im ganzen Raume S regulär ist und dessen tangentielle Komponenten in σ dieselben Werte annehmen, wie die tangentiellen Komponenten von $\mathfrak{E}'$, so gilt natürlich die Gleichung (2) auch für $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{G}$. Durch Substraktion der sich so ergebenden Gleichung von (4) erhalten wir

$$\frac{4\pi}{3}\frac{q^2}{\mu}\mathfrak{E}_x{}^0 = \int d\sigma \frac{1}{\mu}\left[\mathfrak{E}\cdot\mathrm{rot}\,(\mathfrak{E}'-\mathfrak{G})\right]_n.$$

Wenn also $\mathfrak{G}$ bekannt ist, läßt sich $\mathfrak{E}_x$, und analog auch $\mathfrak{E}_y$ und $\mathfrak{E}_z$, aus den tangentiellen Komponenten dieses Vektors an der Fläche σ bestimmen. Die Analogie mit der Greenschen Funktion der Potentialtheorie ist also eine vollkommene. Auch das Reziprozitätstheorem der Greenschen Funktion gilt hier, wie man leicht zeigen kann.

In analoger Weise läßt sich das Problem der elektrischen Resonanz auf die Lösung eines speziellen Falles zurückführen. Das genannte Problem läßt sich folgendermaßen formulieren: Sei $\mathfrak{E}$ das erregende Feld, dessen Wellen auf den „Resonator" K auffallen. Dann sind im Innen- und Außenraum zwei Zustände $\mathfrak{E}^i$ resp. $\mathfrak{E}^a$ zu bestimmen, derart, daß an der Oberfläche von K die tangentiellen Komponenten der Vektoren $\mathfrak{E}^i$ und $\frac{1}{\mu}$ rot $\mathfrak{E}^i$ dieselben Werte annehmen, wie dieselben Komponenten der Vektoren $\mathfrak{E}^a + \mathfrak{E}$ resp. $\frac{1}{\mu}$ rot $(\mathfrak{E}^a + \mathfrak{E})$.

Wir nehmen nun an, es sei diese Aufgabe für den Fall gelöst, daß $\bar{\mathfrak{E}}$ der durch (3) gegebene Vektor ist, wobei wir uns den „Pol" etwa im Außenraum von K denken. Es sei dann $\mathfrak{G}'$ die Lösung. (Es sei also im Innen- resp. Außenraum von K $\mathfrak{G}'$ der Vektor, den wir im allgemeinen Falle mit $\mathfrak{E}^{(i)}$ resp. $\mathfrak{E}^{(a)} + \mathfrak{E}$ bezeichnen. $\mathfrak{G}'$ ist das Feld eines schwingenden Dipols, in dessen Nachbarschaft sich der Körper K befindet.)

Die Kenntnis von $\mathfrak{G}'$ genügt zur Lösung des allgemeinen Falles. Denn wenden wir das Theorem (4) auf $\mathfrak{G}'$ und $\mathfrak{E}^a$ an und erstrecken das Integral über die Begrenzung des Außenraumes von K (über eine unendlich weitliegende Fläche erstreckt verschwindet das Integral), so erhalten wir:

$$\frac{4\pi}{3}\frac{q^2}{\mu}\mathfrak{E}_x{}^{a,o} = \int d\sigma \left\{[\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}^a\cdot\mathfrak{G}']_n - [\mathrm{rot}\,\mathfrak{G}'\cdot\mathfrak{E}^a]_n\right\},$$

worin q der Wert dieser Konstante im Außenraum und $\mathfrak{E}_x{}^{a,o}$ die x-Komponente des Vektors $\mathfrak{E}^a$ im Pole von $\mathfrak{G}'$ ist.

Nun wenden wir den Satz (4) (resp. (2)) auf die Funktionen $\mathfrak{G}'$ und $\mathfrak{E}^{(i)}$ an und erstrecken das Integral über die Begrenzung des Innenraums von K. Wir erhalten so:

$$0 = \int d\sigma \frac{1}{\mu}\left\{[\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}^i\cdot\mathfrak{G}']_n - [\mathrm{rot}\,\mathfrak{G}'\cdot\mathfrak{E}^i]_n\right\}.$$

Addieren wir diese Gleichung zu der vorigen; beachten, daß n in den beiden Gleichungen im entgegengesetzten Sinne zu nehmen ist, und daß die tangentiellen Komponenten von $(\mathfrak{E}^i - \mathfrak{E}^a)$ resp. von $\frac{1}{\mu}$ (rot $\mathfrak{E}^i$ — rot $\mathfrak{E}^a$), auf die es hier allein ankommt, gleich $\bar{\mathfrak{E}}$ resp. $\frac{1}{\mu}$ rot $\bar{\mathfrak{E}}$ sind, so wird

$$-\frac{4\pi}{3}\frac{q^2}{\mu}\mathfrak{E}_x{}^{a,o} = \int d\sigma \frac{1}{\mu}\left\{[\mathrm{rot}\,\bar{\mathfrak{E}}\cdot\mathfrak{G}']_n - [\mathrm{rot}\,\mathfrak{G}'\cdot\bar{\mathfrak{E}}]_n\right\},$$

worin n nach dem Außenraum von K gezogen ist. Auf der rechten Seite steht nach Obigem nur Bekanntes; also ist das allgemeine Problem in der Tat auf die Auffindung von $\mathfrak{G}'$ zurückgeführt.

Das Problem der Resonanz ist mit der strengen Behandlung der Beugung identisch. $\mathfrak{G}'$ ist die Lösung des Fresnelschen Beugungsproblems, bei dem die Lichtquelle im Endlichen liegt. Man könnte also mit obiger Formel z. B. die Fraunhofersche Beugungserscheinung aus der Fresnelschen ableiten.

2. Normalfunktionen.

Will man die freien Schwingungen eines Systems studieren, so nimmt man stets an, daß die Abhängigkeit von der Zeit durch den Faktor e^{pt} gegeben ist und sucht die „ausgezeichneten" Werte von p zu bestimmen, für welche die Differentialgleichungen (1) unter Berücksichtigung der Grenzbedingungen, welche die Kontinuität der tangentiellen Komponenten von $\mathfrak{E}$ und $\frac{1}{\mu}$ rot $\mathfrak{E}$ fordern, erfüllbar sind. Die Existenz solcher ausgezeichneter Lösungen ist im allgemeinen natürlich nicht sichergestellt; doch läßt sich auch auf diesem Gebiete zeigen, daß diese Frage mit einem gewissen Minimumproblem in Verbindung gebracht werden kann.

Wir verstehen unter $\mathfrak{E}$ einen beliebigen

1) Dieser Satz wurde bereits, auf etwas anderem Wege, von Herrn H. A. Lorentz (Versl. Amsterdam Academie, deel IV, S. 185, 1896) abgeleitet, worauf mich Herr Professor Sommerfeld aufmerksam gemacht hat.

Vektor, der außer den erwähnten Grenzbedingungen (und den Bedingungen der Stetigkeit) nur der Differentialgleichung div $\mathfrak{E}=0$ zu genügen hat.

Wir setzen nun zur Kürze

$$E=\frac{1}{2}\int \varepsilon\,\mathfrak{E}^2\,dS \qquad M=\frac{c^2}{2}\int\frac{1}{\mu}(\mathrm{rot}\,\mathfrak{E})^2\,dS$$

$$W=\int\sigma\,\mathfrak{E}^2\,dS \qquad \Pi=c\int\mathfrak{E}^2\,d\sigma.$$

Diese Integrationen sind folgendermaßen zu verstehen: Wir denken uns alle ponderablen Körper in der Nachbarschaft des Ursprungs befindlich und denken uns um diesen Punkt eine Kugel K geschlagen, deren Radius groß gegen die Dimensionen der ponderablen Körper sei. Wir verstehen dann unter $\int dS$ eine Integration über den Innenraum, unter $\int d\sigma$ eine Integration über die Oberfläche der Kugel K.

Wir suchen nun $\mathfrak{E}$ so zu bestimmen, daß unter der Bedingung

$$E=1$$

der Ausdruck

$$4p=-(W+\Pi)+\sqrt{(W+\Pi)^2-16M} \qquad (5)$$

ein Extremum wird. Es muß also

$$\lambda\,\delta E+4\,\delta p=0 \qquad (6)$$

sein. Es ist nun

$$\delta E=\int\varepsilon\,\mathfrak{E}\,\delta\mathfrak{E}\,dS; \qquad \delta W=2\int\sigma\,\mathfrak{E}\,\delta\mathfrak{E}\,dS$$

$$\delta\Pi=2c\int\mathfrak{E}\,\delta\mathfrak{E}\,d\sigma.$$

Ferner ergibt sich durch partielle Integration

$$\delta M=c^2\int\frac{1}{\mu}\,\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}\cdot\mathrm{rot}\,\delta\mathfrak{E}\,dS$$

$$=-c^2\int\frac{1}{\mu}\,\Delta\mathfrak{E}\cdot\delta\mathfrak{E}\,dS+c^2\int[\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}\cdot\delta\mathfrak{E}]_n\,d\sigma$$

(An der Oberfläche der Kugel K ist $\mu=\varepsilon=1$.)

Setzen wir nun diese Werte in die Gleichung (6) ein, und setzen den Faktor von $\delta\mathfrak{E}$ an jeder Stelle des Innenraums und der Oberfläche von K gleich null, so erhalten wir die Gleichung:

$$\lambda\,\varepsilon\,\mathfrak{E}+\sigma\,\mathfrak{E}\frac{8p}{\sqrt{(W+\Pi)^2-16M}}+$$
$$+\frac{1}{\mu}\,\Delta\mathfrak{E}\frac{8c^2}{\sqrt{(W+\Pi)^2-16M}}=0, \qquad (7)$$

welche an allen Punkten des Innenraumes von K zu gelten hat; und die Gleichung

$$c^2[\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}\cdot\delta\mathfrak{E}]_n+cp\,\mathfrak{E}\,\delta\mathfrak{E}=0$$

oder

$$c[n\cdot\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}]+p\,\mathfrak{E}=0, \qquad (8)$$

welche an der Oberfläche von K erfüllt sein muß (n ist ein Einheitsvektor in der Richtung der Normale).

Um den unbestimmten Faktor λ zu bestimmen, multiplizieren wir (7) mit $\mathfrak{E}$ und integrieren die sich so ergebende Gleichung über den ganzen Innenraum von K. Beachten wir, daß

$$c^2\int\frac{1}{\mu}\,\Delta\mathfrak{E}\cdot\mathfrak{E}\,dS=-c^2\int\frac{1}{\mu}(\mathrm{rot}\,\mathfrak{E})^2\,dS+$$
$$+c^2\int[\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}\cdot\mathfrak{E}]_n\,d\sigma$$

oder nach (8):

$$=-2M-p\Pi \qquad (9)$$

ist, so ergibt sich

$$\lambda=\mp\frac{8p^2}{\sqrt{(W+\Pi)^2-16M}}.$$

Also wird Gleichung (7):

$$(\varepsilon p^2+\sigma p)\,\mathfrak{E}=\frac{c^2}{\mu}\,\Delta\mathfrak{E}, \qquad (1)$$

in der Tat identisch mit (1).

Die Gleichung (8) besagt dagegen, daß an der Oberfläche von K die Vektoren $\mathfrak{E}$, rot $\mathfrak{E}$ und n aufeinander senkrecht stehen; oder wenn wir die physikalische Bedeutung dieser Größen beachten, daß das elektromagnetische Feld an der Oberfläche von K, also in großer Distanz von den ponderabeln Körpern, aus rein transversalen Wellen besteht, die in der Richtung des vom Ursprung gezogenen Radius-Vektors fortschreiten.

Multipliziert man (1) mit $\mathfrak{E}$ und integriert über den Innenraum von K, so ergibt sich

$$2p^2E+p(W+\Pi)+2M=0, \qquad (10)$$

welche Gleichung nichts anderes ist, als das Energieprinzip. Man erhält daraus für p natürlich den Wert (5). (Man wird auch durch diese Betrachtung auf die oben angeführten Variationsbedingungen geführt.)

Da der Ausdruck (5) zweideutig ist, erhalten wir im allgemeinen zwei „ausgezeichnete" Werte von p, die wir mit p_1 und p_2 bezeichnen wollen. Die zugehörigen „ausgezeichneten Lösungen" seien $\mathfrak{E}_1$ und $\mathfrak{E}_2$.

Seien nun allgemein zwei ausgezeichnete Lösungen $\mathfrak{E}_i$ und $\mathfrak{E}_k$ vorgegeben, denen die Werte p_i und p_k entsprechen mögen. Es gelten dann die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned}(p_i^2\varepsilon+p_i\sigma)\,\mathfrak{E}_i&=\frac{c^2}{\mu}\,\Delta\mathfrak{E}_i\\(p_k^2\varepsilon+p_k\sigma)\,\mathfrak{E}_k&=\frac{c^2}{\mu}\,\Delta\mathfrak{E}_k\end{aligned}\right| \qquad (11)$$

im ganzen Raume innerhalb K, und an der Oberfläche von K sind die Bedingungen:

$$\left.\begin{aligned}c[n\cdot\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}_i]+p_i\,\mathfrak{E}_i&=0\\c[n\cdot\mathrm{rot}\,\mathfrak{E}_k]+p_k\,\mathfrak{E}_k&=0\end{aligned}\right| \qquad (12)$$

erfüllt. Ferner muß

$$E_i=\frac{1}{2}\int\varepsilon\,\mathfrak{E}_i^2\,dS=E_k=\frac{1}{2}\int\varepsilon\,\mathfrak{E}_k^2\,dS=1$$

sein.

Multiplizieren wir die erste der Gleichungen (11) mit $\mathfrak{E}_k$ und integrieren über den Raum innerhalb K. Unter Berücksichtigung von (12) erhalten wir (nach einer partiellen Integration, welche ganz identisch ist mit der zur Ableitung von (9) angewandten) die Gleichung

$$2p_i^2E_{ik}+p_i(W_{ik}+\Pi_{ik})+2M_{ik}=0.$$

Darin ist

$$E_{ik} = \frac{1}{2}\int \varepsilon\, \mathfrak{E}_i\, \mathfrak{E}_k\, dS; \quad M_{ik} = \frac{c^2}{2}\int \frac{1}{\mu}\, \operatorname{rot}\mathfrak{E}_i \cdot \operatorname{rot}\mathfrak{E}_k\, dS$$
$$W_{ik} = \int \sigma\, \mathfrak{E}_i\, \mathfrak{E}_k\, dS; \quad \Pi_{ik} = c\int \mathfrak{E}_i\, \mathfrak{E}_k\, d\sigma. \qquad (13)$$

Multiplizieren wir aber die zweite Gleichung (11) mit $\mathfrak{E}_i$ und integrieren wieder über den Innenraum von K, so ergibt sich ganz analog

$$2 p_k^2 E_{ik} + p_k (W_{ik} + \Pi_{ik}) + 2 M_{ik} = 0.$$

Es sind also p_i und p_k Wurzeln derselben quadratischen Gleichung, daher ist

$$p_i + p_k = -\frac{W_{ik} + \Pi_{ik}}{2 E_{ik}}. \qquad (14)$$

Setzen wir ferner

$$E_i = \frac{1}{2}\int \varepsilon\, \mathfrak{E}_i^2\, dS = 1; \quad M_i = \frac{c^2}{2}\int \mu\, (\operatorname{rot}\mathfrak{E}_i)^2\, dS$$
$$W_i = \int \sigma\, \mathfrak{E}_i^2\, dS; \quad \Pi_i = c\int \mathfrak{E}_i^2\, d\sigma, \qquad (15)$$

so gelten natürlich auch die Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} 2 p_i^2 + p_i (W_i + \Pi_i) + 2 M_i &= 0 \\ 2 p_k^2 + p_k (W_k + \Pi_k) + 2 M_k &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Die Gleichung (14) gilt gewiß, wenn p_i und p_k und damit auch $\mathfrak{E}_i$ und $\mathfrak{E}_k$ verschieden sind. Sind p_i und p_k und damit $\mathfrak{E}_i$ und $\mathfrak{E}_k$ einander gleich, so würde aus (16) folgen:

$$2 p_i = -\frac{W_{ik} + \Pi_{ik}}{2 E_{ik}} = -\frac{1}{2}(W_i + \Pi_i),$$

da ja dann auch $W_{ik} = W_i$ usw. wird. Es hieße das, daß die Gleichungen (16), die ja jetzt identisch werden, gleiche Wurzeln haben. Es tritt dies im allgemeinen gewiß nicht ein, doch konnte ich nicht beweisen, daß dieser Fall unmöglich ist. Beschränken wir uns im folgenden auf den Fall, daß die Gleichungen (16) verschiedene Wurzeln haben, so kann (14) als Kriterium dafür dienen, daß p_i und p_k verschieden sind.

Es gelingt dann leicht, auch die weiteren ausgezeichneten Lösungen zu definieren.

Wir bezeichneten die bereits gefundenen mit $\mathfrak{E}_1$ und $\mathfrak{E}_2$, und die zugehörigen Werte von p mit p_1 und p_2. Wir suchen nun eine Funktion $\mathfrak{E}_3$ (div $\mathfrak{E}_3 = 0$), welche den Ausdruck

$$4 p_3 = -(W_3 + \Pi_3) \pm \sqrt{(W_3 + \Pi_3)^2 - 16 M_3}$$

zu einem Extremum macht und dabei die Bedingungen erfüllt, daß

$$E_3 = 1$$
$$p_3 + p_1 = -\frac{W_{13} + \Pi_{13}}{2 E_{13}}$$
$$p_3 + p_2 = -\frac{W_{23} + \Pi_{23}}{2 E_{23}}$$

ist. Dabei ist E_3, W_3, Π_3, M_3 durch (15); E_{13}, E_{23} usw. durch (13) gegeben. Bei Durchführung der Variation ist natürlich p_1, p_2, $\mathfrak{E}_1$ und $\mathfrak{E}_2$ unvariiert zu lassen.

Man erhält so für $\mathfrak{E}_3$ die Differentialgleichung

$$(p_3^2 \varepsilon + p_3 \sigma)\mathfrak{E}_3 = \frac{c^2}{\mu}\Delta\mathfrak{E}_3$$

und eine den Gleichungen (12) entsprechende Bedingung. Da der Ausdruck für p_3 wieder zweideutig ist, erhalten wir noch eine weitere Normalfunktion $\mathfrak{E}_4$.[1])

In dieser Weise fortfahrend gelangt man zu beliebig vielen ausgezeichneten Lösungen.

Wir wollen endlich noch zeigen, daß, wenn ein beliebiges elektromagnetisches Feld durch Superposition von solchen ausgezeichneten Lösungen dargestellt werden kann, sich die Koeffizienten dieser Entwicklung bestimmen lassen.

Wir nehmen also an, es sei zur Zeit $t = 0$

$$\mathfrak{E} = \mathfrak{E}^0$$

und

$$\frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t} = \dot{\mathfrak{E}}^0$$

gegeben; damit ist ja das elektromotorische Feld für alle Zeit bestimmt.

Wir setzen dann

$$\mathfrak{E} = \sum_k A_k\, \mathfrak{E}_k\, e^{p_k t},$$

worin $\mathfrak{E}_k$ die k^{te} ausgezeichnete Lösung ist.

Dann muß

$$\mathfrak{E}^0 = \sum_k A_k\, \mathfrak{E}_k$$

und

$$\dot{\mathfrak{E}}^0 = \sum_k A_k\, p_k\, \mathfrak{E}_k$$

sein.

Nun bilden wir:

$$\left.\begin{aligned} p_i \int \varepsilon\, \mathfrak{E}^0\, \mathfrak{E}_i\, dS + \int \sigma\, \mathfrak{E}^0\, \mathfrak{E}_i\, dS + \\ + c\int \mathfrak{E}^0\, \mathfrak{E}_i\, d\sigma + \int \varepsilon\, \dot{\mathfrak{E}}^0\, \mathfrak{E}_i\, dS. \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

Der Wert dieses Ausdrucks kann durch Integration ermittelt werden. Setzen wir nun für $\mathfrak{E}^0$ und $\dot{\mathfrak{E}}^0$ die früheren Reihenentwicklungen ein, so ergibt sich dafür

$$\sum_k A_k \{2 p_i E_{ik} + W_{ik} + \Pi_{ik} + 2 p_k E_{ik}\}.$$

Nun verschwindet aber der Ausdruck unter dem Summenzeichen stets, wenn $p_i \gtrless p_k$; es bleibt also nur

$$A_i (4 p_i + W_i + \Pi_i),$$

welcher Ausdruck gleich (17) sein muß. Somit ist also A_i bestimmt.

Ich wiederhole nochmals, daß unsere Darstellung die zwei Lücken hat, die oben erwähnt wurden. Dieselben wären erst auszufüllen, um unseren Betrachtungen allgemeine Gültigkeit zu verleihen.

1) Die Ableitung ist jedoch nur zwingend, wenn $E_{12} \gtrless 1$ ist, was im allgemeinen wohl erfüllt ist. Doch fehlt auch hier der Beweis, daß E_{12} nicht gleich 1 sein kann.

(Eingegangen 20. November 1905.)

VORTRÄGE UND ABHANDLUNGEN VOM ERSTEN INTERNATIONALEN KONGRESS ZUM STUDIUM DER RADIOLOGIE UND IONISATION ZU LÜTTICH.

(Wir bringen hiermit den Rest des Berichtes über den Lütticher Kongreß. Was die darin enthaltenen Arbeiten von Tommasina und von Fabinyi betrifft, so wollte die Redaktion im Interesse der Vollständigkeit des Berichtes dieselben den Lesern nicht vorenthalten, obgleich sie die theoretischen Spekulationen des ersteren für durchaus verfehlt hält und den Schlüssen des letzteren mangels genügend einwandfreier Begründung äußerst skeptisch gegenübersteht. Die Redaktion.)

G. Sagnac (Paris), Die Methoden der Experimentaluntersuchung über die Umwandlung der X-Strahlen und der daraus resultierenden Sekundärstrahlen.

Ich habe früher gezeigt[1]), daß jedes Element der Materie auf der Bahn der *X*-Strahlen nach allen Richtungen hin ionisierende Strahlen aussendet, welche elektrisierte Körper entladen, auf der lichtempfindlichen Schicht der photographischen Platte einen Eindruck hinterlassen, und einen Baryumplatincyanürschirm zum Leuchten bringen.

Ich habe diese Strahlen Sekundärstrahlen der *X*-Strahlen genannt. Die Sekundärstrahlen erregen beim Auftreffen auf die Materie ihrerseits Tertiärstrahlen, usf.

Wenn die von den *X*-Strahlen getroffene Materie gewisse Elemente enthält, insbesondere Platin oder Blei, Nickel oder Eisen, Zink, Kupfer . . . . und allgemein chemische Elemente von genügend hohem Atomgewicht, sei es nun in reinem Zustande, sei es gemischt oder in Verbindung mit anderen Elementen, so sind die ausgesandten Sekundärstrahlen viel leichter absorbierbar als die erzeugenden *X*-Strahlen und enthalten Strahlungen, welche zu einem großen Teil von einem Millimeter Luft bei Atmosphärendruck zurückgehalten werden, und welche in dem komplexen Strahlenbündel der erregenden *X*-Strahlen nicht vorhanden sind. In diesem Falle wenigstens resultieren die Sekundärstrahlen nicht aus einer selektiven Diffusion der *X*-Strahlen, sondern aus einer Umwandlung der *X*-Strahlen. Ich beabsichtige nun, in der vorliegenden Mitteilung die verschiedenen Methoden zusammen zu stellen, welche man zum Nachweis dieser Umwandlung der *X*-Strahlen anwenden kann. Ich werde die experimentellen Einzelheiten übergehen mit Ausnahme der noch nicht veröffentlichten Versuche.

Ich werde auseinandersetzen:

1. Die Methoden, welche sich auf das Studium der Durchlassung der Strahlen gründen. Wenngleich dieselben in der Optik keineswegs systematisch angewandt worden, so sind sie doch nicht auf die *X*-Strahlen beschränkt und werden in Ermangelung eines Spektroskops dazu dienen können, die Umwandlung in irgendwelche Strahlungen zu zeigen;

2. Die Methoden, welche die kathodische Natur eines Teiles der Sekundärstrahlen (negative Elektrisierung, Zerlegung in ablenkbare und nichtablenkbare Strahlen im Magnetfeld) benutzen.

Selektive Diffusion und Umwandlung.

Die Physiker, welche nach mir die Umwandlung der *X*-Strahlen studiert haben, haben oft geglaubt, die Umwandlung zu beobachten, während sie einfach die Durchlassung der *X*-Strahlen und ihrer Sekundärstrahlen durch die gleiche Platte und unter demselben Einfallswinkel verglichen. Diese Methode gestattet im allgemeinen nicht, zwischen der Umwandlung einer Strahlung und ihrer selektiven Diffusion zu unterscheiden. Ebenso können in der Optik feine Rauchwolken oder gewisse aus ultramikroskopischen Körnchen bestehende Niederschläge bei Beleuchtung mit einem weißen Lichte Lichtstrahlen, besonders blaue und violette, diffus machen, ohne sie umzuwandeln (Tyndall-Blau). Dagegen zeigt sich eine orangefarbene Glasplatte, welche bei senkrechter Inzidenz für einfallendes weißes Licht noch sehr durchlässig ist, bei demselben Einfallswinkel viel weniger durchlässig für ohne Umwandlung diffus gemachtes blaues Licht. Die von mir kritisierte Methode würde also im Prinzip die Zerstreuung, welche das Tyndall-Blau nach einem Mechanismus reiner selektiver Diffusion herbeiführt, und ein davon gänzlich verschiedenes Phänomen verwechseln lassen, nämlich die Umwandlung der einfallenden Strahlung in Strahlungen anderer Wellenlänge, wie beispielsweise bei der Lumineszenz des Fluoreszeins.[1]) Eine solche Verwechselung ist

1) G. Sagnac, C. R. **125**, 168, 230, 942, 1897; **126**, 36, 467, 521, 887, 1898; **127**, 46, 1898; **128**, 300, 546, 1899; 130, 320, 1013, 1900. — Éclairage électrique **13**, 531, 1897; 14, 456, 509, 547, 1898; **17**, 41, 1899; **19**, 201, 1899. — Journ. de Phys. **8**, 65, 333, 644, 1899; **10**, 669, 1901; **1**, 13, 1902. — De l'optique des rayons X et des rayons secondaires qui en dérivent. Paris, 1900, Gauthier-Villars, 8°, 166 S.

1) Noch weniger untersucht man wirklich die Umwandlung der *X*-Strahlen, wenn man sich damit begnügt, die Aktivitäten der Sekundärstrahlen von verschiedenen Metallen zu vergleichen, etwa durch Vergleichung der Entladungsgeschwindigkeiten eines von ihnen getroffenen Elektroskops.

Übrigens habe ich (C. R. **138**, 546, 1899; De l'optique des rayons X, 84—100) die komplizierte Bedeutung solcher Vergleichung betont, wenn man dabei nicht der Absorption der Sekundärstrahlen durch die atmosphärische Luft Rechnung trägt, welche sie vor dem Eintreten in das Gehäuse des Elektroskops zu durchlaufen haben. Verändert man einfach

unmöglich bei den Methoden, welche ich angewandt habe, und welche ich hier beschreiben will.

Prinzip der Methode der Reihenfolge der Durchgänge.[1])

Um zu unterscheiden zwischen einer selektiven Diffusion und einer Umwandlung von Strahlung, ohne Zuhilfenahme anderer Versuche als solcher über Durchlassung, stütze ich mich auf folgende Bemerkung: Da bei einer selektiven Diffusion nichts eine Unterscheidung zwischen den diffusen Strahlen und einem Teil der einfallenden Strahlen gestattet, so muß es gleichgültig sein, ob man diese Strahlen vor oder nach der Diffusion einen Durchgang erleiden läßt.

Wenn umgekehrt die Reihenfolge der Durchgänge einen Einfluß auf die Intensität oder die Natur der zerstreuten Strahlen hat, so muß man schließen, daß die Zerstreuung nicht nur eine einfache selektive Zerstreuung ist; sie ist dann sicherlich von einer Transformation begleitet.

Grundform der Methode der Reihenfolge der Durchgänge.

Ich untersuche ausschließlich die Intensität der zerstreuten Strahlen, unter Ausschluß der einfallenden Strahlen. Ich bringe eine Scheibe zunächst in den Weg der einfallenden Strahlen, darauf bringe ich sie in den Weg der zerstreuten Strahlen und verfahre dabei in beiden Fällen so, daß die Scheibe von den Strahlen senkrecht durchstrahlt wird. Wenn die Intensität der zerstreuten Strahlen nicht in beiden Fällen die gleiche ist, so sind eben die zerstreuten Strahlen ganz oder teilweise aus transformierten Strahlen gebildet, und die Umwandlung hat die Durchstrahlungsfähigkeit der Strahlen verändert.

Zur größeren Klarheit wollen wir zuerst den Fall der Zerstreuung des Lichtes betrachten: Es sei M (Fig. 1) ein Gefäß mit Wasser, in welches etwas Fluoreszein geschüttet ist. Setzt man es dem Sonnenlicht aus, so zerstreut das im Wasser verteilte Fluoreszein grünes Licht. Wir bringen nun vor das Gefäß mit Wasser auf der der Sonne zugekehrten Seite eine blaue Glasscheibe AA. Das Fluoreszein zerstreut auch weiterhin noch sehr lebhaft grünes Licht. Bringt man aber dieselbe Blauglasscheibe zwischen das Auge und das Gefäß nach $A'A'$ (Fig. 2), so daß sie nunmehr von den zerstreuten Strahlen durchstrahlt wird, so erscheint das Fluoreszein fast schwarz. Es ist somit nicht gleichgültig, ob man dasselbe Glas in den Gang der einfallenden oder der zerstreuten Strahlen bringt. Das Fluoreszein hat also das Sonnenlicht umgewandelt. Dieser Versuch ist von der Zusammensetzung der Strahlung unabhängig; das Blau, von dem die Rede war, braucht nicht frei von Grün zu sein. Ja, man kann, ohne von Blau und Grün zu sprechen, sich vorstellen, daß das Auge nicht fähig sei, die Farben zu unterscheiden, oder auch daß es ersetzt sei durch eine Thermosäule oder ein Bolometer, die nur die Intensität der empfangenen Strahlung bewerten können:

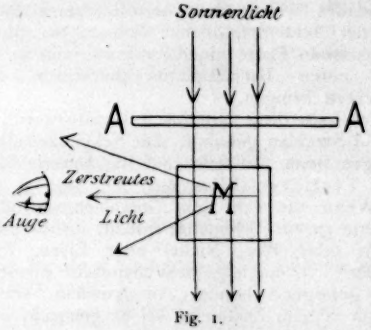


Fig. 1.

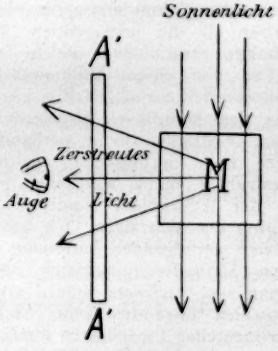


Fig. 2.

der Versuch bleibt in vollem Umfange bestehen. Ein gleicher Versuch würde für den Fall einer selektiven Diffusion ein negatives Ergebnis liefern, gleichviel welches die Farbe der Glasplatte oder des Filters wäre, durch das die Strahlung ginge.

Es genügt hier für das Verständnis der Anwendung der Methode auf die X-Strahlen, zu sagen, daß man die Intensität der X-Strahlen qualitativ mittels der photographischen Platte oder eines Leuchtschirms oder unter Benutzung

die Dicke dieser Luftschicht, so verwirrt man vollständig die Reihenfolge der sekundären Aktivität der verschiedenen Körper; so sind beispielsweise Eisen und Nickel bei hinreichend dünner Luftschicht weniger aktiv als Blei, während bei genügend großer Dicke der Luftschicht das Gegenteil der Fall ist.

1) G. Sagnac, C. R. 125, 942, 1897; 126, 467, 1898. — Journ. de Phys. 8, Febr. 1899. — De l'optique des rayons X, 51 ff.

ihrer ionisierenden Wirkung untersuchen kann. Daraus ergeben sich drei verschiedene Formen derselben Methode. Ich habe sie alle drei angewandt. Ich begnüge mich hier damit, die Figur 3 mit einigem erläuternden Text wiederzugeben. Dieselbe gibt schematisch eine der Anordnungen wieder, welche ich angewandt habe unter Benutzung der ionisierenden Wirkung der S-Strahlen.

Wegen der experimentellen Einzelheiten, des Einflusses der Absorption der Sekundärstrahlen durch die atmosphärische Luft und die verschiedenen Resultate verweise ich auf meine früheren Veröffentlichungen.[1])

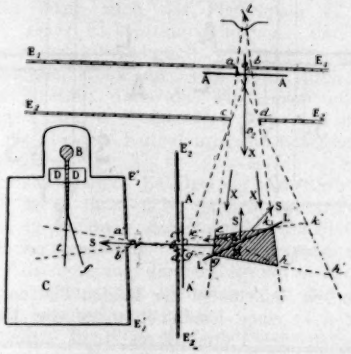


Fig. 3.

Die Anordnung der Figur 3 gestattet das Studium der sekundären S-Strahlen, welche die Platte L auf der von den X-Strahlen getroffenen Seite aussendet. Gibt man dieser selben Platte die Lage eh an Stelle von gk, so erhält man am Elektroskop Sekundärstrahlen, welche diese Platte jenseits der Austrittsseite der X-Strahlen zerstreut.

Streng genommen setzt die Methode voraus, daß die Hilfsplatte A die empfangenen Strahlen nicht zerstreut und nicht transformiert. Für den Fall der X-Strahlen ist es unmöglich, diese Zerstreuung zu unterdrücken; die Hilfsplatte sendet in der Lage AA Sekundärstrahlen, in der Lage $A'A'$ Tertiärstrahlen aus. Man sorgt dafür, daß der Einfluß dieser Strahlen in beiden Fällen schwach wird.

Fall der Umwandlung durch ein Paar übereinander gelagerter Platten.

Man stelle sich nunmehr vor, daß die Hilfsplatte AA der in Figur 3 gezeichneten Anordnung die Platte L bedecke oder von L bedeckt werde, so daß jetzt die von A ausgehenden Sekundärstrahlen im allgemeinen einen Einfluß haben müssen. Geben nun diese Sekundärstrahlen auf der Platte L keine Tertiärstrahlen, geben ebenso die Sekundärstrahlen von L auf der Platte A keine Tertiärstrahlen, so könnte man sagen: entweder wird bei einem ersten Versuch das Plattenpaar von den X-Strahlen in der Reihenfolge AL durchlaufen (Figur 4); oder es wird bei einem zweiten Versuch das Plattenpaar von den X-Strahlen in der Reihenfolge LA' durchlaufen (Figur 5). In beiden Fällen untersucht man die Intensität der sekundären S-Strahlen, welche in einer und derselben Richtung ausgesandt werden, welche in bezug auf die Ebene der beiden parallelen übereinander gelagerten Platten symmetrisch ist zur Richtung der einfallenden X-Strahlen. Die S-Strahlen durchdringen dann die Platten in denselben Schichtdicken wie die X-Strahlen, und wenn keine Änderung des Durchdringungsvermögens der Strahlen durch Umwandlung vorhanden wäre, so müßte es gleichgültig sein, ob man das Plattenpaar in der Reihenfolge AL anordnet oder es in die Reihenfolge LA' umwendet. Wenn also diese Umkehrung einen Einfluß ausübt auf die Intensität der von dem Plattenpaar ausgehenden S-Strahlen, so findet eben eine Umwandlung durch eine der beiden Platten des Paares oder durch beide statt.

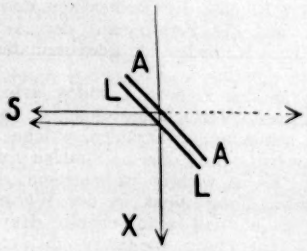


Fig. 4.

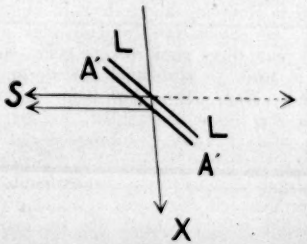


Fig. 5.

Der Einfluß der Tertiärstrahlen kann die Deutung der Resultate komplizieren. Es empfiehlt sich, die eine der beiden Platten A aus

1) G. Sagnac, De l'optique des rayons X, 52—106.

einem Material zu wählen, welches die angewandten X-Strahlen und die Sekundärstrahlen der Platte L, mit der sie kombiniert wird, verhältnismäßig sehr wenig zerstreut. Unter diesen Bedingungen ist übrigens die Empfindlichkeit der Methode am größten. In der Tat sieht man: je weniger die Platten A und L sich in ihrer Wirkungsweise auf die X-Strahlen voneinander unterscheiden, um so weniger merklich muß der Einfluß der Reihenfolge der beiden Platten auf die Zerstreuung der X-Strahlen sein. Die Methode ist gewissermaßen eine Differentialmethode.

Die in den Figuren 4 und 5 schematisch gezeichneten Versuchsanordnungen benutzen nur die sekundären S-Strahlen, welche jenseits der Austrittsseite der X-Strahlen zerstreut werden. Es ist wichtig zu bemerken, daß man die Umwandlung nicht in der Weise untersuchen kann, daß man ebenso diejenigen Sekundärstrahlen benutzt, die nach der Seite, von der die X-Strahlen ankommen, zerstreut sind. Nimmt man nämlich an, daß man mit einem Empfangsapparat, z. B. einem Elektroskop, ein Sekundärstrahlenbündel auffange, welches von links nach rechts geht, in der in Figur 4 und 5 gestrichelt wiedergegebenen Richtung. Man sieht, daß beim Versuch der Figur 4 die Sekundärstrahlen, welche L nach rechts sendet, von A durchgelassen werden, daß aber auch die einfallenden X-Strahlen von A durchgelassen werden. Andererseits werden bei dem Versuch der Figur 5 weder die Sekundärstrahlen von L, noch die sie erregenden X-Strahlen von L durchgelassen. Die Sekundärstrahlen von L sind also beim zweiten Versuch intensiver als beim ersten, selbst wenn sie aus einer einfachen selektiven Diffusion resultieren, und ebenso kann es mit den Sekundärstrahlen des Plattenpaares AL sein, wenn die Sekundärstrahlen von L merklich intensiver sind als diejenigen von A. Man sieht noch einfacher in dem Spezialfall, wo L sehr undurchlässig für X-Strahlen ist, daß A' beim zweiten Versuch keine Rolle mehr spielen werde, und daß, unter Vernachlässigung des Einflusses der Tertiärstrahlen, man sich darauf beschränken würde, die Intensität der von A ausgehenden Sekundärstrahlen und diejenige der von L ausgehenden Sekundärstrahlen zu vergleichen, was mit der Suche nach einer Transformation der X-Strahlen nichts zu tun hat.

Spezialfall: Scheinbare Durchlässigkeit eines Paares übereinander gelagerter Platten.

Betrachten wir nochmals die Versuche, welche in Figur 4 und 5 skizziert sind, für den Spezialfall, daß die Platten A und L senkrecht zu den X-Strahlen stehen. Die sekundären S-Strahlen haben jetzt dieselbe Richtung wie die X-Strahlen und sind folglich mit diesen gemischt. Diese neuen Versuche entsprechen den Schemata der Figuren 6 und 7. Man untersucht die Intensität des durchgelassenen X-Strahlenbündels zusammen mit derjenigen der gleichgerichteten Sekundärstrahlen. Man kann das als Untersuchung der scheinbaren Transparenz des Plattenpaares AL bezeichnen. Unter denselben Einschränkungen bezüglich der Tertiärstrahlen kann man nun sagen, daß

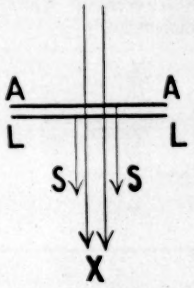


Fig. 6.

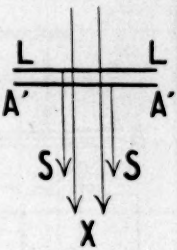


Fig. 7.

wenn die Reihenfolge der beiden Platten (AL oder LA') einen Einfluß hat auf die Durchlässigkeit des Plattenpaares, daß dann eine Umwandlung der X-Strahlen seitens einer der Platten oder aller beider vorliegt.[1])

Es liegt auf der Hand, daß diese Methode im Prinzip weniger empfindlich ist als die früher beschriebenen, da ja der veränderliche Teil des beobachteten Effektes, nämlich die Intensität der Sekundärstrahlen, nur noch einen Bruchteil des Gesamteffektes ausmacht. Indessen macht die verhältnismäßige Einfachheit dieser Versuchsanordnung sie interessant.

Bei Sekundärstrahlen, welche in Luft stark absorbiert werden, wächst der Einfluß der Plattenreihenfolge auf die scheinbare Transparenz des Plattenpaares sehr schnell bei Verringerung des Abstandes zwischen dem Plattenpaar und dem Empfangskörper für die Strahlen.

Man kann die Anordnung äußerst einfach gestalten und die Absorption durch die Luft möglichst vermeiden, wenn man das Plattenpaar AL ohne Zwischenraum an den Empfangskörper heransetzt. In der Anordnung der Figur 8 sind beispielsweise die beiden Platten auf die empfindliche Schicht einer photographischen Platte gelegt. Daneben wird ein zweites identisches Plattenpaar in der Reihenfolge $L'A'$ angeordnet, so daß man die scheinbaren Durch-

1) G. Sagnac, C. R. **125**, 230, 1897; **126**, 467, 887, 1898. — De l'optique des rayons X, 114.

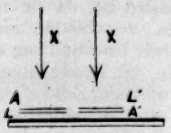


Fig. 8.

lässigkeiten der beiden Plattenpaare in einem einzigen Experiment miteinander vergleichen kann auf Grund der ungleichen Bilder der beiden aneinander grenzenden Gebiete, welche sie auf einer und derselben lichtempfindlichen Schicht bedecken.[1])

Man kann auch das Plattenpaar AL als Wand eines Elektroskops benutzen und die Entladungsgeschwindigkeit des Elektroskops untersuchen, wenn die X-Strahlen durch AL hindurchtreten, dann das Plattenpaar in die entgegengesetzte Reihenfolge LA umkehren und die beiden Entladungsgeschwindigkeiten vergleichen.[2])

Immerhin wird die Deutung der Resultate heikel, wenn man nicht ein Sekundärstrahlenbündel in Richtung der Normalen zur Plattenoberfläche aussondert. Unglücklicherweise wird diese Aussonderung der Strahlen um so schwieriger, je näher das Plattenpaar an den Empfänger herangebracht wird.

Seitdem ich diese Methode für die X-Strahlen benutzt habe, ist sie auf das Studium der Umwandlung anderer Strahlungsarten, besonders der α-Strahlen des Poloniums, angewendet worden.[3])

Stark absorbierbare Sekundärstrahlen.

Wenn die Umwandlung der X-Strahlen eine genügend gründliche ist, so ist es zu ihrem Nachweis nicht mehr unumgänglich nötig, den Einfluß der Reihenfolge der Durchlassungen in einer der geschilderten Weisen zu finden. Es genügt alsdann die Wahrnehmung, daß die von Blei oder Platin, Zinn, Nickel oder Eisen, Zink usf. ausgehenden Sekundärstrahlen in ihrer photographischen Wirksamkeit oder in ihrer ionisierenden Wirkung auf Gase nach dem Durchgang durch eine Schicht atmosphärischer Luft von einem Millimeter Dicke beträchtlich geschwächt sind, während diese Wirkungen in unmittelbarer Nachbarschaft der Metalle denen der auftreffenden X-Strahlen vergleichbar oder gar noch viel intensiver sind.[4])

Es kann sogar vorkommen, daß X-Strahlen (oder Sekundärstrahlen) zu wenig absorbierbar sind, um einen Empfänger zu beeinflussen, und daß sie dennoch entdeckt werden durch die viel stärker absorbierbaren transformierten sekundären (oder tertiären) Strahlen, welche sie beim Auftreffen auf gewisse Metalle erregen. Ich habe in meinen früheren Veröffentlichungen[1]) Beispiele hierfür angeführt.

Sekundäre Emission und Radioaktivität.

Die Umwandlung der X-Strahlen durch die großen Atome bietet auch Phänomene scheinbarer Emission, welche an die Erscheinungen der Radioaktivität des Uraniums oder des Radiums erinnern. Besteht doch eine der Hypothesen zur Erklärung des Ursprungs der von den radioaktiven Körpern abgegebenen Energie in der Annahme, daß der Raum durchlaufen werde von einer unbekannten Strahlung, welche die Fähigkeit besitzt, die meisten Körper zu durchdringen, ohne daß wir imstande wären, eine wahrnehmbare Wirkung derselben zu erkennen. Nur ausschließlich die großen Atome, aus denen sich die radioaktiven Körper aufbauen, sollen unmittelbar einen Teil dieser unbekannten Strahlung transformieren und sich ihr gegenüber etwa verhalten wie die Atome des Bleis, des Platins usf. gegenüber sehr durchdringungsfähigen X-Strahlen (Mme. Curie). Der Zerfall der radioaktiven Atome enthält meines Erachtens keinen Widerspruch gegen diese Hypothese. Man kann annehmen, daß er durch die unbekannte Strahlung hervorgerufen werde. Übrigens leiten die X-Strahlen den Zerfall der Atome ein in dem Sinne, daß sie dieselben zur Aussendung von Elektronen anregen. (P. Curie und G. Sagnac.) Nur ist dieser Zerfall kein endgültiger, wie dies bei den radioaktiven Atomen der Fall zu sein scheint. Man hat die vorerwähnte Hypothese auch dadurch zu stürzen gesucht, daß man sagte, es sei wenig logisch, eine unbekannte Strahlung anzunehmen, welche unserer Wahrnehmung entgehe, um damit Wirkungen zu erklären, die augenscheinlich ihren Sitz an den radioaktiven Atomen haben. Verfolgen wir indessen diesen Einwurf bis zum äußersten, so müssen wir sagen, daß auch die Lichtschwingungen und die elektromagnetischen Schwingungen keine Existenz besitzen außerhalb ihrer Strahlungsquelle und des materiellen Körpers, der sie empfängt, da sie ja keine wahrnehmbare Wirkung im leeren Raume hervorbringen und wir sie nur durch ihre Wirkung auf die Materie kennen. Wir müßten also den Begriff des Lichtäthers als unlogisch beseitigen. Man kann nun sehr wohl die Lichterscheinungen beschreiben, ohne vom Äther zu sprechen; indessen kann man auf diese Weise keine ausreichende

1) G. Sagnac, C. R. **125**, 230, 1897.
2) G. Sagnac, C. R. **126**, 887, 1898.
3) Mme. Curie, Thèse de Doctorat (Paris, Gauthier Villars, 1903), 58.
4) G. Sagnac, C. R. **125**, 230, 1897; **127**, 46, 1898.

1) G. Sagnac, De l'optique des rayons X, 60.

Beschreibung der Lichterscheinungen geben; es fehlt die Befriedigung, welche wir zu empfinden pflegen, wenn wir die unvermittelte Fernwirkung eliminiert haben. Solange wir nicht auf diese Befriedigung verzichten wollen, werden wir das gleiche Interesse haben, die Hypothese beizubehalten, nach welcher die radioaktiven Körper ihre Energie einem auch im leeren Raum noch vorhandenen umgebenden Medium entnehmen, wie die Hypothese vom Lichtäther. Unter dieser allgemeineren Form würde die Erklärung der Radioaktivität verknüpft sein mit der Hypothese eines das gesamte Weltall erfüllenden Energievorrats. Mir erschiene es vorteilhaft, anzunehmen, daß dieses Energiereservoir, dessen Platz in den interplanetaren und interstellaren Weltenräumen wäre, die Quelle wäre für die Gravitationsenergie der Gestirne und für alle Energien des Weltalls. Auch die Lichtstrahlung der Sonne oder eines Sternes würde von dieser unbegrenzten Energie des interstellaren Weltenraumes unterhalten werden; die Sonne wäre nur ein kleines Unstetigkeitsgebiet des allgemeinen Energiereservoirs, etwa wie ein in die Wand eines ungeheuren Wasserreservoirs gebohrtes Loch. Ein radioaktives Atom wäre dann ein kleines Ebenbild der Sonne, gleichsam ein kleines Loch in der Wand des Energiereservoirs des Universums.

Wollte man andererseits die Energiequelle in dem radioaktiven Atom selbst sehen, so würde man auf die alte Vorstellung von den kleinen Energiequellen zurückkommen, welche, trotz der glänzenden Rolle, die sie zur Zeit eines Laplace und Coulomb gespielt hat, heute doch wohl ihre Fruchtbarkeit erschöpft zu haben scheint, und schon von Newton selbst als unzureichend verlassen worden ist.

Versuche in verdünnten Gasen.

Ich habe durch verschiedene Versuche gezeigt, daß selbst ein von einem reinen Metall ausgehendes Sekundärstrahlenbündel stets sehr komplex ist; seine Durchdringungskraft ist um so größer, je mehr es durch frühere Durchgänge geschwächt worden ist; wenigstens war dies bei meinen sämtlichen Versuchen der Fall. Diese Eigentümlichkeit ist derjenigen vergleichbar, welche Benoist und Hurmuzescu[1]) an den *X*-Strahlen wahrgenommen haben. Wenn der Empfänger nicht unmittelbar der Sekundärstrahlenquelle anliegt, so unterdrückt die dazwischen befindliche Luft in dem Sekundärstrahlenbündel die am stärksten absorbierbaren Strahlen, deren Studium gerade am interessantesten ist, da sie am meisten von den *X*-Strahlen verschieden sind. Die am weitesten gehende Umwandlung der *X*-Strahlen entgeht alsdann der Beobachtung. Wenn dagegen der Empfänger die Sekundärstrahlenquelle berührt, wie bei einigen meiner Experimente, so stößt man bei der Deutung der Ergebnisse auf gewisse Schwierigkeiten, weil man nicht mehr mit einem Sekundärstrahlenbündel von bestimmter Richtung operiert.

Dieser Umstand führte mich dazu, zwischen der *S*-Strahlenquelle und dem Empfänger einen hinreichenden Abstand innezuhalten, um mittels geeigneter Blenden ein *S*-Strahlenbündel zu begrenzen. Ich habe aber, statt in atmosphärischer Luft zu operieren, die Luft aus dem Gebiete zwischen der *S*-Strahlenquelle und dem Empfänger entfernt.

I. Ich benutzte als Empfänger die Luft im Kasten eines Elektroskops, in welchen die ionisierenden Sekundärstrahlen durch ein sehr dünnes Kollodiumhäutchen eintraten, das von einem Drahtnetz getragen wurde. Dieses Häutchen ist erforderlich, um die unter Atmosphärendruck stehende Luft im Kasten von der äußeren Luft zu trennen, welche ich verdünne, um die Absorption der darin entstehenden und darin sich fortpflanzenden *S*-Strahlen zu verringern. Mit zunehmender Verdünnung der äußeren Luft wächst die Entladungsgeschwindigkeit des Elektroskops.[1])

II. Ich wiederholte die Versuche und ersetzte dabei das Elektroskop durch eine photographische Platte, wobei jede noch so dünne Membran zwischen dem durch die lichtempfindliche Schicht gebildeten Empfänger und der *S*-Strahlenquelle (einem Platinspiegel) in Fortfall kam. Ich arbeitete in einem Crookesschen Vakuum (1 μ Hg). Die *X*-Strahlen wurden durch eine Influenzmaschine erzeugt, um möglichst zu vermeiden, daß in der Crookesschen Röhre entstehende elektrische Schwingungen in dem verdünnten Gase um die photographische Platte Schwingungen induzierten, welche die Platte verschleiern und den Erfolg eines bei korrekter Ausführung immerhin ziemlich mühsamen Experimentes in Frage stellen könnten. Die unter der Einwirkung der an sich schon wenig durchdringungsfähigen *X*-Strahlen ausgesandten Sekundärstrahlen besaßen ihrerseits eine so geringe Durchdringungskraft, daß ich mit Hilfe einfacher Ebonitdiaphragmen ein wohl begrenztes Sekundärstrahlenbündel ausscheiden konnte.

Figur 9 gibt einen Längsschnitt durch den benutzten Apparat wieder. Die *X*-Strahlen treten durch ein dünnes Glimmerblättchen *m* von 5 μ Dicke in den Glasrezipienten *V*, in

1) Benoist et Hurmuzescu, C. R. **122**, 235, 1896. — Die Tatsache ist von Roiti und von Röntgen bestätigt gefunden worden.

1) G. Sagnac, De l'optique des rayons X, 89 ff.

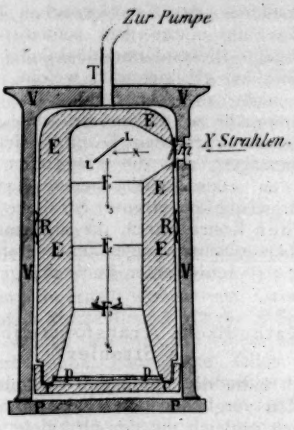


Fig. 9.

welchem das Crookessche Vakuum herrscht. Sie treten durch ein Blättchen f aus lochfreiem schwarzem Papier und dringen in eine Art von Granate aus Ebonit[1]) EE, welche auseinandernehmbar und vollkommen lichtdicht ist. Sie treffen dann unter einem Einfallswinkel von 45^0 auf eine ebene polierte Platinscheibe L, welche sie vollkommen aufhält und auf der von den X-Strahlen getroffenen Seite nach allen Richtungen hin Sekundärstrahlen aussendet. Das zu untersuchende Sekundärstrahlenbündel wird durch drei 5 mm breite Fenster F_1, F_2, F_3 ausgesondert, welche aus drei Ebonitdiaphragmen von je 1,8 mm Stärke ausgeschnitten sind; der Abstand des Fensters F_1 von der Mitte des Spiegels L beträgt 15 mm, der Abstand zwischen den Diaphragmen F_1 und F_2 und zwischen F_2 und F_3 je 30 mm. Das Diaphragma F_3 unterdrückt die von F_2 bedingten Halbschatten und bedingt neue; F_2 dient dazu, zu verhindern, daß die durch F_1 eintretenden Sekundärstrahlen sich an die Ebonitwand zwischen F_2 und F_3 verbreiten.

Eine photographische Platte (Rapid) wird in pp parallel zu den drei Diaphragmen in 35 mm Entfernung von F_3 angebracht, so daß das auf die Platte einwirkende S-Strahlenbündel 11 cm in dem Crookesschen Vakuum zurückgelegt hat. Ein Streifen aus schwarzem Papier oder aus dünner geschlagener Aluminiumfolie ist auf der lichtempfindlichen Schicht quer über die Platte, senkrecht zur Längsrichtung der Spalte F_1, F_2, F_3 angebracht.

Ist der Apparat einmal eingestellt, so wird die lichtempfindliche Platte pp im Dunkeln oder bei rotem Licht auf einen Rand am Ebonitsystem EE eingelegt. Dann wird die Ebonitgranate EE mittels eines Ebonitdeckels CC verschlossen und die Granate in das Glasgefäß VV eingeschoben, wobei man Sorge trägt, daß die Gegend f des mit schwarzem Papier bedeckten Fensters in der Granate dem Glimmerfenster m in VV gegenüber zu stehen kommt. Zwei an der Außenseite der Granate befestigte Federn rr legen sich gegen die Wandung von VV und halten durch ihren Druck die Granate unverschiebbar fest. Dann verschließt man das Gefäß an der Seite CC hermetisch mit Hilfe einer leicht gefetteten geschliffenen Glasplatte PP, welche sehr genau auf die dicke Kante des Gefäßes VV schließt. Darauf erzeugt man das Crookessche Vakuum. (Ich benutze die sehr sinnreich konstruierte automatische Quecksilberpumpe von Berlémont-Paris.) Zu diesem Zweck verbindet man die Pumpe mit dem Innern von VV durch ein leicht gefettetes eingeschliffenes Glasrohr TT; dieses tritt durch die Glaswandung von VV an der L zugekehrten Seite, wo die Wandung am stärksten ist. Das Gefäß VV ist ein kräftiger, starkwandiger, zylindrischer Glastrog, dessen Boden auf der L zugekehrten Seite ist. Dieser ganze sehr handliche Apparat ist von Herrn Werlein in Paris gebaut, dem ich bei dieser Gelegenheit für seine sehr geschickte Mitarbeiterschaft danken möchte.

Bevor man die X-Strahlen durch f und m auf L fallen läßt, umgibt man den Glaszylinder mit einem dicken Bleizylinder, welcher m gegenüber ein Fenster hat. Dieser Bleizylinder ist dazu bestimmt, zu verhindern, daß die X-Strahlen die lichtempfindliche Platte verschleiern, oder daß sie anderswo als auf der Platinplatte L Sekundärstrahlen erzeugen. Die Sekundärstrahlen des Bleies, welche von den Rändern des m umgebenden Fensters ausgehen, können auf L nur wenige, übrigens zu vernachlässigende, Tertiärstrahlen ergeben.

Die Expositionsdauer beläuft sich gewöhnlich auf mehrere Stunden (beispielsweise 20 Stunden).

Wenn die lichtempfindliche Platte aus dem Apparat herauskommt, wird sie von dem Querstreifen aus schwarzem Papier oder Aluminium befreit und entwickelt. Sie zeigt dann eine sehr deutliche Spur des von den Diaphragmen durchgelassenen Strahlenbündels. Außerhalb dieser Spur zeigt die Platte, wenigstens bei nicht zu weit getriebener Entwicklung, keinen Schleier, und selbst dann ist der Schleier sehr schwach. Die Diaphragmen haben also ein S-Strahlenbündel scharf ausgesondert, welches von der Oberfläche des Platinspiegels aus 11 cm in dem Crookesschen Vakuum durchlaufen hat.

Dieses S-Strahlenbündel ist stark absorbier-

[1]) Ich habe Ebonit gewählt, um den gleichen Apparat auch bequem zu Untersuchungen über die elektrische Ablenkung der Sekundärstrahlen verwenden zu können.

bar. Das Bild eines dünnen Querstreifens aus schwarzem Papier oder Aluminium von 0,5 μ Dicke schwächt nämlich die Spur des Sekundärstrahlenbündels beträchtlich, oder unterdrückt sie bei nicht allzuweit getriebener Entwicklung sogar ganz.

Es ist indessen sicher, daß ein Streifen aus schwarzem Papier oder aus Aluminium von gleicher Dicke, vor das Fenster m in den Gang der einfallenden X-Strahlen gebracht, keine merkliche Schwächung derselben Sekundärstrahlen hervorbringen würde. Man kann somit dieses Experiment als eine Demonstration der Umwandlung der X-Strahlen ansehen, gleich als ob man tatsächlich die Methode der Reihenfolge der Durchgänge angewandt hätte.

Man könnte einwenden, daß die Platinplatte infolge mangelnder Einstellung sehr schwache Lichtstrahlen empfangen hat, welche sehr wohl bei einer sehr langen Expositionsdauer auf die photographische Platte wirken könnten. Dieser Einwand fällt vor dem folgenden Ergebnis:

Ich habe mich überzeugt, daß Quarz und Flußspat die von der Scheibe L ausgehenden S-Strahlen ohne Refraktion zurückhalten. Dazu hatte ich ein Drittel der Spaltbreite von F_3 mit einem Flußspatprisma s bedeckt. Die Mitte des Spaltes F_3 war auf ein zweites Drittel hin frei; das letzte Drittel war mit einem Quarzprisma q bedeckt. Die brechenden Kanten dieser beiden Prismen von 30° brechendem Winkel, welche von Werlein frisch geschnitten waren, standen einander gegenüber und begrenzten so einen Spalt von 1,7 mm Breite. Dieser Spalt begrenzte tatsächlich das Sekundärstrahlenbündel, gleich als wären die Prismen durch irgendwelchen für die S-Strahlen von Platin undurchlässigen Körper ersetzt. Übrigens gibt es kein Bündel, welches durch das Quarzprisma oder das Flußspatprisma gebrochen wäre, so daß also das photographische Bild, welches von schwarzem Papier oder Aluminium so stark absorbiert wird, auch ohne Refraktion von den Körpern zurückgehalten wird, welche von allen bekannten Körpern für Licht- oder ultraviolette Strahlen am durchlässigsten sind.

Ein Graphitprisma erwies sich gleichfalls als sehr undurchlässig und nicht brechend. Ich muß indessen sagen, daß bei Weiterführung der Entwicklung (auf der Seite des Quarzprismas und des Graphitprismas) ein sehr schwacher Eindruck auftrat in einem Streifen parallel zu den brechenden Kanten der Prismen, vergleichbar dem direkten Bilde des Spaltes, aber seitlich verschoben. Die Versuche sind nicht zahlreich genug, auch nicht genügend variiert, um mir eine Erklärung dieses Nebenergebnisses zu ermöglichen. Vielleicht liegt die Ursache in einer Ablenkung eines Teiles des Sekundärstrahlenbündels unter der Einwirkung des Magnetfeldes der Crookesschen Röhre. In diesem Falle müßte man schließen, daß das untersuchte Sekundärstrahlenbündel fast ganz aus Strahlen gebildet war, welche im Magnetfelde nicht ablenkbar sind. Das scheint in Widerspruch zu stehen mit den unten mitzuteilenden Versuchen Dorns. Ich muß indessen sagen, daß die erregenden X-Strahlen bei den eben beschriebenen Experimenten schon wenig penetrante Strahlen aus einer weichen Röhre waren, die mit einer Influenzmaschine mit nur wenigen Zentimetern (gewöhnlich 2—4) äquivalenter Funkenlänge betrieben wurde.

Kathodische Transformation der X-Strahlen.

Ich habe die X-Strahlen mit ultravioletten Strahlen verglichen. Ich habe ihre Sekundärstrahlen zugleich mit den ultravioletten und mit den Kathodenstrahlen verglichen[1]), und dieser doppelte Vergleich hat sich hinterher als berechtigt erwiesen. Die Versuche über die Wirkung eines Magnetfeldes auf die Sekundärstrahlen, die ich im Crookesschen Vakuum anzustellen beabsichtigte[2]), hat Herr Dorn ausgeführt, ohne von meiner Hypothese Kenntnis zu haben. Nach lange durchgeführten Versuchen hat er die Sekundärstrahlen aus Blei, Platin, Zinn und Zink in ablenkbare und nichtablenkbare Strahlen zerlegt.[3]) Die magnetisch ablenkbaren Sekundärstrahlen werden im gleichen Sinne abgelenkt wie die Kathodenstrahlen. Die nichtablenkbaren Sekundärstrahlen bleiben den X-Strahlen und den verschiedenen Licht- und elektromagnetischen Strahlungen vergleichbar.

Zur gleichen Zeit haben P. Curie und ich gezeigt[4]), daß die aus der Umwandlung der X-Strahlen an Platin, Blei, Zinn, Zink usf. entstehenden Sekundärstrahlen eine negative Elektrizitätsladung tragen. Wir haben diese Ladung beim Arbeiten im Crookesschen Vakuum aufgefangen. Ein Teil der stark transformierten Sekundärstrahlen der vorgenannten Metalle wird also von Strahlen gebildet, welche den Kathodenstrahlen oder auch den Strahlen des Radiums analog sind. Genauer kann man sie mit den Kathodenstrahlen vergleichen, welche das Licht in analoger Weise im Crookesschen Vakuum erregt, wenn es auf die von Righi und Lenard entdeckten und untersuchten Metalle auffällt.

1) G. Sagnac, Soc. Franç. de Phys. 17. Dez. 1897. — Éclair. électr. 12. März 1898.
2) G. Sagnac, Éclair. électr. 12. März 1898.
3) E. Dorn, Abh. d. Naturf. Ges. zu Halle, **22**. 39. 1900. — Livre jubilaire offert au Prof. H. A. Lorentz, Haag, 1900. 595.
4) P. Curie et G. Sagnac, C. R. **130**. 1013, 1900. — G. Sagnac, De l'optique des rayons X, 148.

Es besteht somit eine bemerkenswerte Analogie zwischen den X-Strahlen und dem Licht: Beide Strahlungen besitzen die Fähigkeit, sich beim Auftreffen auf gewisse Körper einesteils in nicht ablenkbare Strahlen zu zerstreuen oder umzuwandeln, anderenteils den Körper so zu ionisieren, daß er einen Elektronenschwarm aussendet, welcher durch den Magneten wie die Kathodenstrahlen ablenkbar ist.

Prof. Righi hat unsere Hauptergebnisse bestätigt gefunden [1]):

Wie bei gewissen unserer Versuche verschließt bei Righi eine Aluminiumplatte einen Rezipienten, innerhalb dessen ein Crookessches Vakuum herrscht, und läßt die X-Strahlen eintreten, welche auf eine mit einem Elektrometer verbundene Platinplatte fallen. Die Sekundärstrahlen des Platins entziehen diesem negative Ladungen, welche sie mit fortführen; das Platin teilt daher dem Elektrometer eine positive Ladung mit.

Bemerkungen über die Umwandlung durch Aluminium.

Diese von den X-Strahlen durchstrahlte Aluminiumscheibe sendet nach Righi gleichzeitig mit dem Platin negative Ladungen aus, und man beobachtet nur den Unterschied zwischen den Wirkungen dieser beiden einander entgegengesetzten Emissionen. Wenn Righi die dem Platin zugekehrte Seite seines Aluminiumblättchens mit Ruß schwärzt, so wächst der beobachtete Effekt merklich. Zur Erklärung dieser Erscheinung sagt er, der Ruß absorbiere die vom Aluminium ausgesandten Elektronen, ohne selbst in merklichem Betrage solche auszusenden. Wird andererseits das Platin oder Blei geschwärzt, so verschwindet der Effekt vollständig.

Der von Righi beobachtete Effekt ist der durch die X-Strahlen hervorgebrachte Grenzwert für das Potential des Metalles (Platin, Blei). Wir haben ebenfalls diese Erscheinung beobachtet. Unsere Messungen sind indessen hauptsächlich angestellt worden, um durch Gegenüberstellung des piezoelektrischen Quarzes zu bestimmen, welche Mengen negativer Elektrizität von dem Metalle ausgehen, oder auch welche Mengen positiver Elektrizität auf dem Metalle abgeschieden werden. Bei dieser Methode mißt man tatsächlich die von den Sekundärstrahlen transportierten negativen Ladungen oder die von ihnen an dem Metall ausgeschiedenen positiven Ladungen. Man kann vielmehr fürchten, daß die Grenzpotentialdifferenz zwischen dem Platin und dem Aluminium keine so einfache Bedeutung hat, und man kann denken, daß der Ruß nicht einfach in der Weise wirkt, daß er die negativen Ladungen aufhält, welche nach Righis Ansicht aus dem Aluminium kommen.

Übrigens habe ich gezeigt, daß die sekundäre Aktivität des Aluminiums in sehr hohem Grade abhängig ist von Spuren sehr aktiver Metalle (Kupfer, Eisen u. a.), welche gewöhnlich im Aluminium enthalten sind, und daß es nicht möglich ist, die sekundäre Aktivität des Aluminiums mit derjenigen eines anderen wohldefinierten Metalles, wie des Platins zu vergleichen, solange man nicht eine Probe von Aluminium besitzt, welche vollkommen rein ist von allen merklich aktiveren Metallen. [1])

Es wäre interessant, die Messungen über die von den Sekundärstrahlen mitgeführten elektrischen Ladungen nach unserer Methode der Gegenüberstellung zu wiederholen und dabei das Aluminium nach dem Vorgange Righis mit Ruß zu schwärzen, um etwaige von dem mehr oder minder unreinen Aluminium ausgesandte elektrische Ladungen zu eliminieren. Stellt man auf diese Weise fest, daß die an dem Platin freiwerdenden positiven Ladungen zunehmen, wenn die zugekehrte Aluminiumoberfläche berußt ist, so bedeutet das, daß das Aluminium ebenfalls negative Ladungen aussendet. Man darf dann aber nicht von dem unreinen Aluminium auf vollkommen reines Aluminium schließen.

Die Schnelligkeit, mit welcher die sekundäre Aktivität des Aluminiums abnimmt, wenn die Beimengung, beispielsweise von Kupfer, welche in dem Aluminium enthalten ist, abnimmt, zeigt uns, daß bei Anwendung sehr reinen Aluminiums die ausgesandten Sekundärstrahlen von einer Aktivität sein würden, welche gegen die des Platins sehr zurückstehen und dieser gegenüber vollständig zu vernachlässigen sein würde, während Righi sie der des Platins vergleichbar findet.

Ich habe tatsächlich gefunden, daß die sekundäre Aktivität des Aluminiums, selbst wenn es ziemlich stark verunreinigt ist (2 oder 3% Kupfer oder Eisen), weit unter derjenigen des Platins liegt, mag man nun die ionisierende Wirkung seiner Strahlen untersuchen oder ihre photographische Wirkung, welche mir sogar zeitweise ganz entgangen war.

Andererseits hat Dorn in dem von Platin, Blei, Zinn oder Zink ausgehenden Sekundärstrahlenbündel ablenkbare Strahlen gefunden; dagegen fand er, in guter Übereinstimmung mit unsern Beobachtungen, daß das von Aluminium ausgehende Sekundärstrahlenbündel ausschließlich aus nicht ablenkbaren Strahlen besteht. Die elektrischen Ladungen der Se-

1) A. Righi, N. Cim. (5) **6**, 31, 1903.

1) G. Sagnac, De l'optique des rayons X, 109.

kundärstrahlen von reinem Aluminium sind also fraglicher Natur.

In der Righischen Arbeit findet sich eine Messungsreihe über die maximale Potentialdifferenz zwischen einem Metall und berußtem Aluminium im Crookesschen Raum unter dem Einfluß auffallender X-Strahlen hoher Intensität. Seine Versuchsanordnung gestattete ihm, rasch von einem Metall zu einem andern überzugehen, ohne den Rezipienten zu öffnen, in welchem das Crookessche Vakuum herrschte, so daß er ohne Änderung der Intensität der X-Strahlen arbeiten konnte. Auf diese Weise verglich er unter möglichst identischen Verhältnissen Platin, Blei, Gold, amalgamiertes Zink, Silber, Zinn, Zink, Kupfer, Eisen, Aluminum, Kohle oder Holz und berußte Metalle; die genannte Reihenfolge entspricht derjenigen abnehmender Maximalspannungen. Es besteht sonach hinsichtlich der Reihenfolge der untersuchten Körper eine Übereinstimmung zwischen der Methode der maximalen Spannung (Righi, 1903) und derjenigen der Messung der ausgesandten elektrischen Ladungen (P. Curie und G. Sagnac, 1900).

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 17. Oktober 1905.)

G. Sagnac (Paris), Klassifikation und Mechanismus verschiedener elektrischer Wirkungen, welche von X-Strahlen herrühren.

Ich beabsichtige, im folgenden in einer Übersicht verschiedene elektrische Wirkungen der X-Strahlen zusammenzustellen, welche ich untersucht habe, oder welche in enger Beziehung zu meinen Untersuchungen stehen. Da es nicht in meiner Absicht liegt, die Erscheinungen in all ihren Einzelheiten zu beschreiben, so will ich nur für jeden Typus elektrischer Wirkung eines der einfachsten Experimente angeben, durch welches er sich illustrieren läßt.

Ich werde mich nur mit den verschiedenen Fällen beschäftigen, in denen ein anfänglich elektrisch isolierter Körper unter der Einwirkung der X-Strahlen elektrische Ladungen verliert oder annimmt. In allen bisher untersuchten Fällen, werden Ionen oder Elektronen in einem Gase oder in einem Metall durch die Einwirkung der X-Strahlen oder ihrer Abkömmlinge (Sekundärstrahlen, Tertiärstrahlen usf.) in Freiheit gesetzt. Diese Ionen und Elektronen nun sind es, welche die Ladung des zur Untersuchung stehenden isolierten Körpers verändern.

Ich will voraussetzen, daß die Ionen oder Elektronen, einmal in Freiheit gesetzt, keinen anderen Einflüssen unterliegen als denen elektrischer Felder. Ich lasse folglich die Fälle beiseite, in denen ein Ionenstrom durch eine mechanische Wirkung, wie die eines die Ionen mit sich fortreißenden Luftstromes, konzentriert oder dirigiert wird, wie auch den Fall, daß ein Ionen- oder Elektronenstrom durch ein Magnetfeld konzentriert oder abgelenkt wird.

Wir wollen voraussetzen, daß die X-Strahlen aus einem Faradayschen Mantel C_0 heraustreten, welcher das ganze System zur Erzeugung der X-Strahlen einschließt.

Außerhalb des Mantels C_0 befindet sich der isolierte Körper, dessen Ladung untersucht werden soll. Dieser Körper wird in unseren Beispielen gewöhnlich der Leiter sein, welcher von Knopf, Stiel und Blättchen eines Exnerschen Elektroskops gebildet wird. Mehrere der einfachen Versuche, welche ich angeben werde, lassen sich leicht mit einem Hurmuzescuschen Elektroskop wiederholen. Im Innern des Gehäuses C dieses Elektroskops herrscht, wenn das Blättchen geladen ist, ein elektrisches Feld F_2. Wenn der Deckel des Elektroskops nicht an seinem Platze ist, so erstreckt sich dieses Feld bis zu den Wänden des Zimmers und bis zu den Wänden des Faradayschen Käfigs, aus dem die X-Strahlen hervorkommen. Befindet sich der Deckel des Elektroskops an seinem Orte, so wird das Feld F_2 begrenzt durch das Gehäuse C und den Deckel, welche einen geschlossenen Faradayschen Käfig bilden. Außerhalb dieses Schirmes herrscht ursprünglich keinerlei Feld. Das Gehäuse C und der Schirm C_0 sind beide mit den Wänden des Zimmers leitend verbunden. Ausnahmsweise herrscht ein Feld F_0 außerhalb des Faradayschen Käfigs, welcher das Feld F_2 des Elektroskops begrenzt, wenn man außerhalb von C einen elektrischen Körper anbringt, oder wenn man das Gehäuse C selbst isoliert und lädt. Das Vorhandensein dieses Feldes F_0 ist nur zur Untersuchung des weiter unten beschriebenen Effektes 10 erforderlich.

Ich gebe nunmehr die angekündigte Einteilung:

Erste Klasse. Die Ionen werden in dem Gase, welches unter der Wirkung des Feldes F_2 steht, in Freiheit gesetzt.

Die Ionen bewegen sich unter dem Einfluß des Feldes längs der Kraftlinien des Feldes; die positiven gehen im Sinne der Kraftlinien bis an die negativen Leiter und entladen dieselben; die negativen gehen im entgegengesezten Sinne bis an die positiven Leiter und entladen diese. Wenn die Ionen in ihrer Bahn auf die Oberfläche eines Isolators treffen, so setzen sie sich auf derselben fest und laden sie. (J. Perrin.)

Erster Effekt. Die Ionen werden nur durch X-Strahlen erzeugt. (J. Perrin.) — Vereinfachter Versuch. (s. Figur 1.)

Man läßt ein X-Strahlenbündel in einer Ent-

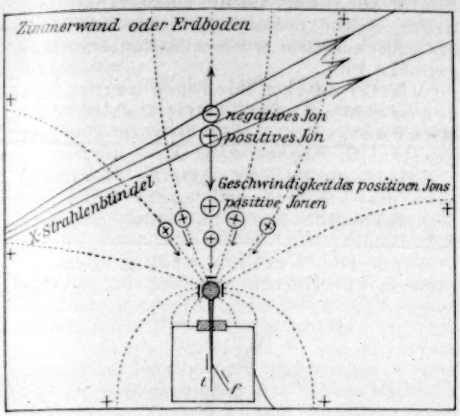


Fig. 1.

fernung von einigen Metern am Knopfe b eines geladenen Elektroskops mit abgehobenem Deckel vorbeigehen. Es bedarf einer merkbaren Zeit, bevor die Jonen (+), welche in der von den Strahlen durchlaufenen Luft erzeugt werden, durch das Feld F_2 dieses Knopfes (—) längs der Kraftlinien soweit fortgerissen sind, daß sie ihn entladen. Andererseits dauert die Entladung fort, nachdem die X-Strahlen bereits aufgehört haben, die Luft zu durchstrahlen; denn die letzten durch die Strahlen in Freiheit gesetzten Ionen (+) wandern gegen den Knopf b hin, nachdem die Strahlen ausgelöscht sind. — In einem elektrischen Felde von einigen Volt/cm betragen die Ionengeschwindigkeiten in atmosphärischer Luft einige cm/sec. Man kann auch in einiger Entfernung vom Knopfe b einen elektrisierten Körper anbringen und b einen Augenblick mit der Erde verbinden. Wenn das X-Strahlenbündel zwischen dem

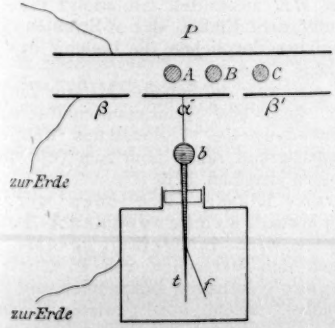


Fig. 2.

elektrisierten Körper und b hindurchgeht, so laden Ionen von gleichem Vorzeichen wie die Ladung des elektrisierten Körpers b, und das Blättchen b schlägt aus.

Etwas strengere Versuchsanordnung. (J. Perrin.) (S. Figur 2.)

Aus der Belegung $\beta\alpha\beta'$ eines Kondensators ist eine rechteckige Platte α ausgeschnitten. Die Platte P steht mit dem einen Pol einer Elektrizitätsquelle in Verbindung, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet ist. Die Platte $\beta\beta'$ ist ebenfalls geerdet. Die Platte α wird anfangs mit $\beta\beta'$ verbunden und dann isoliert. Sie ist dauernd mit dem leitenden System btf eines Elektroskops verbunden. Dann läßt man ein X-Strahlenbündel zwischen den beiden Platten P und $\beta\beta'$ so hindurchgehen, daß dieses Bündel die Platten nicht berührt.

Wenn das Strahlenbündel bei A oder bei B hindurchgeht, so divergieren die Goldblättchen des Elektroskops heftig; das bedeutet, daß sich die Platte α unter dem Einfluß der X-Strahlen auflädt, welche die Linien elektrischer Kraft schneiden, die diese Platte α mit dem mittleren Teile der Platte P verbinden. Wenn dagegen das X-Strahlenbündel bei C hindurchgeht, so gibt das Goldblättchen keinen Ausschlag mehr; die Luft wird indessen noch immer von den Strahlen durchlaufen, aber nicht die Kraftlinien, welche in der Oberfläche von α endigen; es werden wohl noch positive und negative Ionen durch die X-Strahlen in Freiheit gesetzt, aber diese Ionen folgen nur noch solchen Kraftlinien, welche in β' und nicht in α endigen; die Elektrizität, welche sie nach $\beta\beta'$ bringen, fließt zur Erde ab, und α empfängt keine Ladung mehr.

Wenn dahingegen P geerdet und $\beta\alpha\beta'$ elektrisiert würde, so würde die Wirkung der X-Strahlen, die beim Durchgang in C merklich Null wäre, beim Durchgang in B die Entladung der Platte α herbeiführen. Man würde dann sehen, wie sich das Goldblättchen, das anfangs einen starken Ausschlag zeigte, allmählich der Stange t nähert, bis zur vollständigen Entladung.

Diese Art der Entladung kennzeichnet ein Phänomen, welches von der Natur der Metalle der Konduktoren unabhängig ist, dagegen von der Natur und dem Druck des sie trennenden Gases abhängt. (J. Perrin hat diese Erscheinung deshalb als Gaseffekt bezeichnet.)

Zweiter Effekt. Die Ionen werden nur durch die Sekundärstrahlen in Freiheit gesetzt. (G. Sagnac.[1])

Es genügt hier, alles das zu wiederholen, was bei Besprechung des ersten Effekts gesagt

1) G. Sagnac, C. R. **125**, 232, 1897; **126**, 36, 1898 usw.

wurde, und dabei nur an Stelle der *X*-Strahlen die Sekundärstrahlen zu setzen.

Dritter Effekt (gemischt). Die Ionen werden gleichzeitig durch die *X*-Strahlen und durch deren Abkömmlinge (Sekundärstrahlen, Tertiärstrahlen usf.) in Freiheit gesetzt.

Dieser Effekt ist von den Herren Benoist und Hurmuzescu (Paris)[1], H. Dufour (Lausanne)[2], A. Righi (Bologna)[3], J. J. Thomson (Cambridge)[4] gefunden worden. Er ist dann von diesen Physikern und darnach von Herrn J. Perrin und mir analysiert und auf eine Übereinanderlagerung der Effekte 1 und 2 zurückgeführt worden. Ich erlaube mir, daran zu erinnern, daß es meine Versuche waren, durch welche die bis dahin unbekannte Rolle der Sekundärstrahlen klargestellt worden ist.[5] Es erscheint mir überflüssig, hier meine experimentellen Beweise zu wiederholen.

Als leicht ausführbares Experiment will ich einen der Versuche von Benoist und Hurmuzescu anführen (s. Figur 3). Derselbe besteht einfach darin, die *X*-Strahlen in das Gehäuse eines Elektroskops einfallen zu lassen.

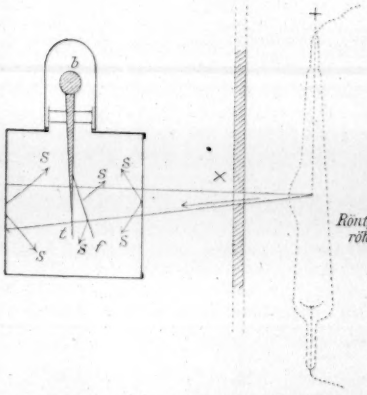


Fig. 3.

Der Effekt ist nach meinen Untersuchungen ziemlich verwickelter Natur. Es findet eine Ionisation der Luft im Gehäuse nicht nur durch die *X*-Strahlen statt, sondern auch durch die sekundären *S*-Strahlen, welche von sämtlichen Wänden ausgehen, die die *X*-Strahlen beim Eintritt wie beim Austritt durchstrahlen oder treffen, welche insbesondere vom Konduktor *btf* selbst ausgehen, wenn er von den *X*-Strahlen getroffen wird.

Vierter Effekt. Die Ionen werden von den Sekundär- oder Tertiärstrahlen ohne Mitwirkung der *X*-Strahlen in Freiheit gesetzt. (G. Sagnac a. a. O.)

Man wiederhole die Versuche zum Nachweis des Effekts 3 und ersetze dabei das *X*-Strahlenbündel durch ein Bündel sekundärer *S*-Strahlen.

Einfacher Versuch analog dem in Figur 3 skizzierten Versuch (s. Figur 4).

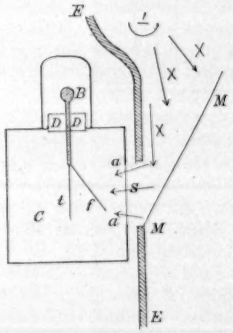


Fig. 4.

Die elektroskopische Wirkung der *S*-Strahlen wird sehr rein dargestellt, wenn man die Strahlen durch ein dünnes Blättchen *aa* aus geschlagenem Aluminium, welches die Kraftlinien des elektrischen Feldes im Innern des Elektroskopgehäuses zurückhält, in eben diesem Gehäuse auffängt. Die Entladung des Elektroskops, welches durch den Bleischirm *EE* gegen die *X*-Strahlen geschützt ist, kann nur herrühren von der Fernwirkung der Sekundärstrahlen, die der von den *X*-Strahlen getroffene Körper *MM* aussendet. Sie erfolgt vollständig wie unter dem Einfluß der *X*-Strahlen, gleichviel welches Vorzeichen die Ladung des Goldblättchens *f* hat.

Ersetzt man die Scheibe *MM* aus Zink oder Kupfer durch eine Aluminiumscheibe, so wird die Entladung des Elektroskops beträchtlich verlangsamt und rührt dann zum Teil von den *S*-Strahlen der Luft her.

Zweite Klasse. Die Ionen werden in einem Metall, welches von den *X*-Strahlen getroffen wird, in Freiheit gesetzt.

Nach den Versuchen von P. Curie und G. Sagnac[1] enthalten bekanntlich die Sekundärstrahlen, welche von gewissen Elementen

1) Benoist et Hurmuzescu, C. R. **122**, 235, 1896; **123**, 779, 1896.
2) H. Dufour, Arch. sc. phys. et nat. (4), **1**, 111.
3) A. Righi, Rend. R. Acc. Bologna, Febr. 1896.
4) J. J. Thomson, Proc. Roy. Soc. **59**, 274, 1896.
5) G. Sagnac, C. R. **125**, 231, 944, 1897; **126**, 39, 1898; **127**, 46, 1898.

1) P. Curie et G. Sagnac, C. R. **130**, 1013, 1900.

ausgehen (nämlich von denjenigen, welche die X-Strahlen am stärksten transformieren), einen Elektronenschwarm analog einem Kathodenstrahlbündel.

Fünfter Effekt. Die Elektronen der S-Strahlen pflanzen sich in einem sehr verdünnten Gase fort, welches sie wenig ionisieren, und laden einen mit einem Elektrometer verbundenen Leiter M negativ. (P. Curie und G. Sagnac, a. a. O.)

Wenn umgekehrt der in dem stark verdünnten Gase befindliche Leiter M von den X-Strahlen getroffen wird, so sendet er seinerseits Sekundärstrahlen aus, welche ihm negative Ladung entziehen, so daß er sich positiv auflädt. Diese Versuche erfordern ein Crookessches Vakuum. Wir maßen die von den Sekundärstrahlen herrührenden elektrischen Ströme von der Größenordnung 10^{-10} Amp. nach der Methode der Gegenschaltung piezoelektrischen Quarzes; d. h. wir neutralisierten in jedem Augenblick die an dem Leiter M auftretende Ladung durch die von einem piezoelektrischen Quarz entbundene Ladung. Ich kenne keine Anordnung, welche diese Versuche sehr leicht auszuführen gestattet. Ohne auf die Einzelheiten einzugehen, gebe ich hier diejenige Anordnung wieder, welche von denen, die wir angewandt haben, die bequemste ist. In dem in Figur 5 skizzierten Fall liefert das isolierte

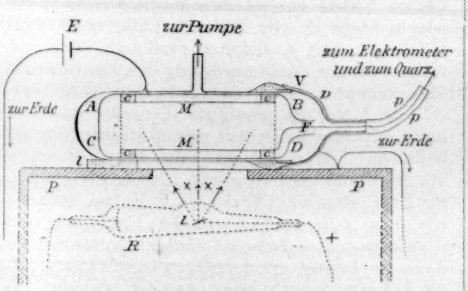


Fig. 5.

Metall M (beispielsweise Platin), auf welches die X-Strahlen auftreffen, positive Elektrizität. Dieses Metall M ist ein zylindrisch aufgerolltes Blättchen im Innern eines koaxialen Zylinders $ABCD$, der gewöhnlich aus Aluminium besteht. Man führt $MMABCD$ in den Glaszylinder VV ein, verschließt diesen mittels Golakitt mit dem Glasdeckel V' und pumpt dann aus.

Sechster Effekt. (Variante des fünften.) Man wiederholt den Versuch des fünften Effektes. Statt indessen die infolge der Sekundärstrahlen entstandene Elektrizität zu untersuchen, bringt man das Elektrometer auf das Potential 0, indem man bei E (Figur 5) zwischen den Zylinder $ABCD$ und die Erde eine passende elektromotorische Kraft e_0 einschaltet, welche man von dem Stromkreise eines Daniell abzweigt.

Wenn man unter diesen Versuchsbedingungen den Apparat auspumpt, so erhält sich der Gleichgewichtszustand des Elektrometers zunächst mit derselben elektromotorischen Kompensationskraft e_0 aufrecht, solange der Druck noch nicht bis auf die Größenordnung von einem Millimeter gesunken ist (nur wird der ohne das Vorhandensein von e_0 entstehende Strom schwächer und schwächer). Bei geringeren Drucken ändert sich die elektromotorische Kompensationskraft. Sie wird bald größer als die eines Daniell, nimmt beständig zu, und scheint mit weiterer Annäherung an das Crookessche Vakuum über jede Grenze zu wachsen. Stellt man in E wieder die ursprüngliche elektromotorische Kraft e_0 her, welche bei Atmosphärendruck das Phänomen kompensierte, so kann man mit Hilfe des Quarzes die Stromstärke messen, welche erforderlich ist, um das Elektrometer auf dem Potential 0 zu erhalten. (Fünfter Effekt.) Dieser Strom, welcher bei Drucken von der Größenordnung des Millimeters auftritt, steigt anfangs sanft mit fortschreitender Verdünnung der Atmosphäre und wird dann beim Crookesschen Vakuum merklich konstant.

Wenn beispielsweise das innere Metall M Platin und das Metall N der Innenwände des Zylinders $ABCD$ Aluminium ist, so muß man zur Erzielung der Kompensation bei Atmosphärendruck das Aluminium auf ein negatives Potential bringen, dessen absoluter Wert unter der Spannung eines Daniell liegt.

„Beim Crookesschen Vakuum ist diese elektromotorische Kraft nicht mehr ausreichend; es würde dann, wenn man Kompensation erlangen wollte, erforderlich sein, das Aluminium auf ein negatives Potential zu bringen, dessen absoluter Wert 20 Volt übersteigen müßte."

Siebenter Effekt. (Neue Variante des fünften.)

Die von den Sekundärstrahlen mitgeführten Elektronen verlassen das Metall M, welches die Quelle der Sekundärstrahlen bildet, werden jedoch durch ein Dielektrikum wie Paraffin schnell in der Nachbarschaft dieses Metalls absorbiert. (P. Curie und G. Sagnac.[1])

Bei dem durch die Figur 5 skizzierten Versuch verschwindet das Phänomen der Elektrizitätsabgabe durch die von M ausgehenden Sekundärstrahlen, wenn man den Kondensator MN in Paraffin oder in Ebonit einbettet. Nur für den Fall, daß M und N nur durch eine Paraffinschicht von einem Bruchteil eines Millimeters

1) G. Sagnac, De l'optique des rayons X, Paris, Gauthier-Villars, 1900, p. 155.

Dicke voneinander getrennt waren, zeigte das Elektrometer noch eine schwache Ladung an, welche einer Stromstärke von der Größenordnung 10^{-12} Amp. entsprach.

Achter Effekt. (Gemischt. — Übereinanderlagerung der Effekte, welche von den negativ elektrischen Ladungen der Sekundärstrahlen herrühren, und der Effekte 1 und 2, die ihrerseits von den Ionen herrühren, die durch die X-Strahlen und deren Abkömmlinge in dem Gase in Freiheit gesetzt werden.)

Es genügt, einen der Versuche zur Demonstration des fünften oder des sechsten Effektes zu wiederholen und dabei die Verdünnung des Gases nicht bis zum äußersten durchzuführen. Es ist bereits nebenher erwähnt worden, was alsdann eintritt (vergl. Sechster Effekt). Bei Atmosphärendruck sind die Effekte 5 und 6 gegenüber den Effekten 1 und 2 zu vernachlässigen. Aus diesem Grunde wird die Entladung durch die X-Strahlen oder durch deren Abkömmlinge bei Atmosphärendruck symmetrisch; d. h. ein Leiter entlädt sich mit der gleichen Geschwindigkeit, ob er nun positiv oder negativ geladen sei. Dagegen ist die Entladung in einem verdünnten Gase unsymmetrisch infolge des nicht zu vernachlässigenden Einflusses der negativen Ladungen, welche die Sekundärstrahlen dem Leiter entziehen bezw. zuführen.

Neunter Effekt. (Gemischt. — Grenzpotential, welches ein von X-Strahlen getroffenes isoliertes Metall erreicht. (A. Righi.[1])) — Dieser Effekt ist sehr verwickelter Natur und steht in teilweisem Zusammenhang mit den vorgenannten Effekten.

Righi hat zunächst unsere Versuche wiederholt. Er untersucht dann das Grenzpotential, welches das Metall M erreicht, wenn es isoliert und mit dem Elektrometer verbunden ist, und findet, daß dieses Potential abhängig ist von der relativen Lage der Metallplatte M zu den umgebenden Leitern (Aluminiumfolie N und Gefäßwandungen).

Dritte Klasse. Die Ionen werden außerhalb des Feldes F_i des untersuchten Körpers in Freiheit gesetzt.

Diese Ionen werden von einem äußeren Felde F_e durch die Öffnungen des das Feld F_i begrenzenden Faradayschen Käfigs geschleudert. (G. Sagnac.[2])

Zehnter Effekt. (Einfach ausführbarer Versuch. S. Figur 6.)

Die Wand pp des Gehäuses C eines Elektroskops wird durch ein feines Metalldrahtnetz gebildet. Man stellt fest, daß dieses Netz das

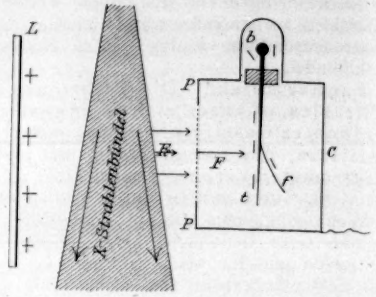


Fig. 6.

elektrostatische Feld F_i im Innern des Gehäuses C sehr gut einschließt; nähert man beispielsweise dem Gehäuse C einen stark elektrisierten Körper, so zeigt das Elektroskopblättchen f mit oder ohne Ladung bei Beobachtung durch eine Lupe mit Okularmikrometer nicht die geringste Bewegung. Indessen können Ionen, welche infolge irgendeiner Einwirkung in dem elektrischen Felde F_e außerhalb des Gehäuses C entbunden werden, in dieses Gehäuse C eindringen uud die elektrische Ladung von f verändern. Die Wirkung ist sehr deutlich, wenn man den Versuch so anstellt, daß die beiden Felder F_e und F_i zu beiden Seiten von pp den gleichen Sinn haben, wie in Figur 6. (Im anderen Falle müssen die Öffnungen von pp ziemlich groß sein, beispielsweise von der Größenordnung des Zentimeters.) Man nehme z. B. an, es werde eine Aluminiumscheibe L vor pp gebracht. (Dieselbe kann sich innerhalb oder außerhalb des X-Strahlenbündels befinden.) Man schickt nun das X-Strahlenbündel durch den Apparat. Ist L gleichwie C zur Erde abgeleitet (Feld F_e Null), so beobachtet man nur eine schwache Entladung des Elektroskops; dieselbe ist übrigens symmetrisch, d. h. sie erfolgt mit derselben Geschwindigkeit, ob btf nun positiv oder negativ geladen ist. Wird jetzt L positiv und f negativ geladen (wie in der Figur), oder auch L negativ und f positiv, so daß zwei Felder gleichen Sinnes, F_e und F_i, entstehen, so wird die Entladungsgeschwindigkeit mehrere Male größer, wenn F_e einigermaßen intensiv ist, mögen die Maschen des Drahtnetzes pp auch noch so eng sein.

Das Phänomen bleibt unverändert bestehen, wenn man das Drahtnetz pp ersetzt durch eine Metallfolie mit Löchern, welche selbst äußerst fein sein dürfen, etwa wie die feinen Löcher oder Risse in einem geschlagenen Aluminiumblättchen. Unter diesen letzteren Verhältnissen habe ich das Phänomen in folgender Form entdeckt: Die Elektrizität auf dem Konduktor btf eines Elektroskops, welches —

1) A. Righi, Cim. (5) **6**, 31, 1903.

2) G. Sagnac, C. R. **130**, 320, 1900; Versiegelte Denkschrift, in der Sitzung der Ac. des Sc. vom 18. Juli 1898 deponiert.

wie in Figur 4 — der Wirkung der Sekundärstrahlen ausgesetzt war, entwich etwas schneller, wenn die Ladung negativ war, als wenn sie positiv war.[1]) Späterhin fand ich, daß diese Erscheinung verschwindet, wenn die geschlagene Aluminiumfolie *aa* (Figur 4), welche die Sekundärstrahlen eintreten läßt, absolut frei ist von Rissen und Löchern, oder wenn man zwei solcher Folien übereinander legt. Ich fand weiter, daß die Erscheinung auf dem Vorhandensein eines elektrischen Feldes F_e außerhalb des Gehäuses *E* beruht. Bei dem in Figur 4 angegebenen Versuch war dies das Feld, welches die Crookessche Röhre umgibt, deren Oberfläche bekanntlich längs des größeren Teiles ihrer Ausdehnung positiv ist.

Die Untersuchung der verschiedenen Fälle hat mich zu folgender Erklärungsweise geführt:

In der unter dem Einfluß des äußeren Feldes F_e stehenden Luft werden durch die Sekundärstrahlen elektrische Ladungen entbunden, und diese folgen nahezu den Kraftlinien des genannten Feldes mit einer gewissen Geschwindigkeit. Wenn sich aber die Kraftlinie des Feldes F_e stark krümmt (Figur 7),

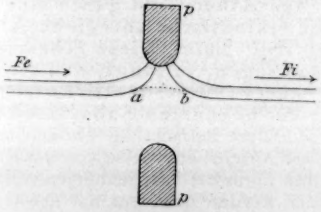


Fig. 7.

um am Rande einer Öffnung in der Wandung *pp* des Elektroskops zu endigen, so kann, wie leicht einzusehen, die elektrische Ladung, falls sie eine hinreichend große kinetische Energie erlangt hat, die Kraftlinie des Feldes F_e verlassen und auf einer gewissen Bahn *ab* bis zu einer Kraftlinie des Feldes F_i überspringen. Wenn F_i vom gleichen Sinne ist wie F_e, so bilden die auf diese Weise in das innere Feld geschleuderten Ladungen dort eine Elektrizitätsströmung, welche den normalen Entladungsstrom verstärkt, da er in gleichem Sinne verläuft; daher erklärt sich die Zunahme der Entladungsgeschwindigkeit des Goldblättchens.

Im entgegengesetzten Falle sind die Strömungen einander entgegen gerichtet, und es tritt eine Verzögerung ein; aber in diesem Falle wird die von der elektrischen Projektion des Feldes F_e herrührende Hilfsströmung schnell durch das Feld F_i gegen *p* hingeführt, bevor sie noch eine der Richtung der normalen Strömung benachbarte Richtung hat annehmen können. Es ist begreiflich, daß in diesem Falle eine verzögernde Wirkung nur dann deutlich hervortritt, wenn die Öffnungen im Gehäuse *C* groß genug sind, um die von außen kommenden Ladungen hinreichend weit in das Innere des Gehäuses *C* vordringen zu lassen, was ich ja gerade durch mein Experiment gezeigt habe.

Es lassen sich somit die Erscheinungen, auf die ich hingewiesen habe, sehr gut erklären durch die Annahme einer Strömung elektrischer Ladungen, welche, mit gewissen Geschwindigkeiten ausgestattet, sich einer starken Krümmung ihrer Bahn, längs der an den Rändern der Öffnungen im Elektroskopgehäuse endenden Kraftlinien, widersetzen; sie dringen infolgedessen gleich einem Bombardement in das Innere des Gehäuses ein.

Man kann sich die Aufgabe stellen, dieses Bombardement durch die Wirkung eines Magneten abzulenken, und kann es, wenn man in verdünnten Gasen arbeitet, größere und größere Geschwindigkeiten erreichen lassen, zumal wenn das äußere Feld durch sehr große Potentialdifferenzen hervorgerufen wird. Das Bombardement wird dann unzweifelhaft durch eine dünne Aluminiumfolie hindurchdringen und allmählich den Kathodenstrahlen vergleichbar werden. Man kann schon bemerken, daß — nach Versuchen, welche von Child herrühren[1]), die *X*-Strahlen, welche zwischen den beiden Belegungen eines geladenen Kondensators hindurchgehen, den Potentialabfall auf die Nachbarschaft der Belegungen, und etwas mehr zur negativen als zur positiven Belegung hin, lokalisieren. Ich glaube, daß mit abnehmendem Gasdruck der Potentialabfall sich mehr und mehr nach der negativen Belegung hin zusammenziehen würde infolge immer stärker werdender Geschwindigkeitszunahme der negativen Elektrizitätsströmung gegenüber der positiven; die negative Strömung würde dann die bekannten Kathodenstrahlen bilden. Man würde so eine ganze Skala anodischer und kathodischer Strömungen haben, von dem relativ sehr langsamen Bombardement, welches ich in der atmosphärischen Luft untersucht habe, anfangend bis zu den im Crookesschen Vakuum erzeugten Kathodenstrahlen.[2])

1) G. Sagnac, C. R. **126**, 37 (Fußnote 2), 1898.

1) s. meine Notiz in den C. R. vom 4. Juli 1898.

2) Seit der Niederschrift dieser Notiz ist gezeigt worden, daß die in Luft durch die *X*-Strahlen entbundenen Ionen sich fortpflanzen mit Geschwindigkeiten von der Größenordnung 1 cm/sec; dagegen pflanzen sich die Kathodenstrahlen fort mit Geschwindigkeiten von der Größenordnung 10^{-10} cm/sec. (J. J. Thomson.)

Hier sind auch die Beobachtungen Villards über die

Die vorstehenden Gedanken über die Verallgemeinerung des Begriffes der Kathodenstrahlen haben heute noch an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Ich möchte mir hier die Bemerkung erlauben, daß in einer Unterredung, die ich mit Herrn Prof. Lenard gehabt habe, mir derselbe gesagt hat, daß er meine Anschauungsweise für sehr wahrscheinlich erachte.

Um auf den eigentlichen Gegenstand meiner Mitteilung zurückzukommen, so weist der eben beschriebene zehnte Effekt (Klasse III) auf eine Reihe von Erscheinungen hin, welche vermitteln zwischen den Effekten 1, 2, 3, 4 (Klasse I), welche herrühren von Ionen, die streng den Kraftlinien des Feldes F_i folgen, und den Effekten 5, 6, 7 der Klasse II, welche, wie die gewöhnlichen Kathodenwirkungen, von elektrisierten Strahlen, die verhältnismäßig sehr wenig dem elektrischen Felde gehorchen, herrühren.

Allgemeine Anmerkung. — Alle beschriebenen Effekte sind nicht auf die X-Strahlen beschränkt.

Die Effekte 1 und 10 würden sich auch darstellen lassen mit den Ionen einer Flamme, sowie auch mit den Ionen, welche nach der 1900 von Lenard gemachten Entdeckung durch ultraviolette Strahlen in Gasen in Freiheit gesetzt werden. Die Effekte der Klasse II lassen sich ebenfalls mittels der Kathodenstrahlen darstellen, welche durch auffallendes Licht in Metallen erzeugt werden (und die ja zum Teil den Sekundärstrahlen der X-Strahlen analog sind). (Righi, Lenard.) Es besteht somit, trotz mancher anscheinender Gegensätze, eine ziemlich weitgehende Analogie zwischen den elektrischen Wirkungen der X-Strahlen und denen der ultravioletten Strahlen. [1])

indirekte Entladung durch Flammen zu erwähnen. (C. R. vom 15. Jan. 1900.)

Endlich hat Righi jüngst Erscheinungen von Ionenprojektion beobachtet, analog den von mir entdeckten. (S. Acc. d. Sc. Bologna (5) **10**, 371, 1903.)

1) Über diese Analogie s. G. Sagnac, L'optique des rayons X, 140.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 17. Oktober 1905.)

Th. Tommasina (Genf), Über die kinetische Theorie des Elektrons als Grundlage der Elektronentheorie der Strahlungen.

Seitdem ich im Jahre 1903 meine Arbeit: „Sur l'hypothèse des électrons et la corrélation des forces physiques —" veröffentlicht habe, bin ich im Verfolg der neben experimentalen Untersuchungen über Radioaktivität fortgeführten theoretischen Studien dazu gekommen, meine Anschauungsweise in verschiedenen Punkten zu ändern. Meine Anschauungen haben sich mehr den zu gleicher Zeit von Sir Oliver Lodge in Belfast College in seinem seither berühmt gewordenen Vortrage geäußerten und ebenso auch denen genähert, die Professor J. J. Thomson einige Monate später in seinen meisterhaften Vorlesungen an der Yale-Universität ausgesprochen hat.

Der Zweck meiner gegenwärtigen Mitteilung ist es, einen Beitrag zum Bahnen des Weges zu liefern, der zur Aufstellung einer allgemeinen dynamo-kinetischen Theorie führen soll.

Um soviel wie möglich diesen kurzen Überblick noch abzukürzen, will ich als Ausgangspunkt einige der Schlußfolgerungen wählen, die Professor Thomson in den ebenerwähnten Vorlesungen angegeben hat und die folgenden Wortlaut haben:

„Die ganze Masse eines jeden Körpers und nicht nur ein Teil derselben ist nichts anderes als die Masse des ihn umgebenden Äthers, die von den mit den Atomen des Körpers verbundenen Faradayschen Röhren getragen wird; kurz gesagt, die ganze Masse ist Äthermasse, die ganze Bewegungsgröße ist Bewegungsgröße des Äthers, die ganze kinetische Energie ist kinetische Energie des Äthers." Und er fügte hinzu: „Diese Theorie, das muß man sagen, verlangt, daß die Dichte des Äthers außerordentlich viel größer als die der bekannten Substanzen ist."

Diese letztere Betrachtung Thomsons zeigt, daß unsere Anschauungsweise von der dynamokinetischen Form der Erscheinungen vollständig abgeändert werden muß, um mit den Gesetzen der Ätherdynamik in Einklang zu kommen.

Nach diesen Schlußfolgerungen können, wenn wir in dem umgebenden Äther das Vorhandensein z. B. eines einzigen kugelförmigen, positiv geladenen Körpers annehmen, dessen Kraftlinien, die von seiner Oberfläche aus gerade in der Richtung der Verlängerung seiner Radien ausstrahlen, nicht körperlich gedacht werden, ohne daß man die Konstitution des Äthers im voraus kennt. Man muß daher den Mechanismus, der im Äther selbst Kraftlinien erzeugen kann und ebenso den wirklichen sie darstellenden Mechanismus erforschen.

Wenn man durch eine Reihe von Versuchen und die neu gefundenen Tatsachen gezwungen ist, Schlußfolgerungen aufzustellen, die wesentlich von denen abweichen, die man zu Beginn benutzt hat, so ist es notwendig, zurückzugehen, um sorgfältig festzustellen, ob die alten Begriffe neben den neuen Kenntnissen bestehen bleiben können. Wenn dies nicht für alle gilt, so muß man zusehen, ob die neuen Schlußfolgerungen nicht selbst abgeändert oder vollständig umgeändert werden müssen.

Im Verfolg dieser Methode habe ich mich sehr schnell davon überzeugen können, daß bedeutende Korrektionen an den Schlußfolgerungen anzubringen sind, die man aus gewissen Resultaten ziehen zu können geglaubt hat, wenn auch die Genauigkeit der letzteren vom Standpunkte des Versuchs vollständig zugegeben sein mögen.

Bei der Diskussion der schönen Kaufmannschen Versuche über die elektrische und magnetische Ablenkung der Radiumstrahlen ist man zu dem Schluß gelangt, daß sie die früher mit Bezug auf den Wert von $\frac{e}{m}$ erhaltenen Resultate bestätigten und daß sie außerdem dartaten, daß die Masse des negativen Elektrons mit der Bewegungsgeschwindigkeit des Elektrons selbst wächst. Wir werden des weiteren sehen, was man von dieser Schlußfolgerung zu denken hat.

Unterdessen wollen wir einen Augenblick Halt machen, um den Sinn zu prüfen, dem man hier dem Wort Masse geben muß, und versuchen, die physikalische Natur des mit diesem Ausdruck gemeinten Begriffes darzulegen.

Herr Professor H. A. Lorentz nennt in seinem bedeutsamen Vortrage im Elektrotechnischen Verein zu Berlin, als er bei Gelegenheit dieser selben Kaufmannschen Versuche die daraus gezogenen Schlußfolgerungen zu ergründen sucht, m_0 die wirkliche Masse, m_1 und m_2 die anscheinende oder elektromagnetische Masse und $m_0 + m_1$ oder $m_0 + m_2$ die effektive Masse, und bezeichnet mit m_1 die longitudinale und mit m_2 die transversale elektromagnetische Masse. Herr Lorentz sagt: „Man kann sich in folgender Weise mit dem Begriff der elektromagnetischen Masse vertraut machen, wenn es sich um eine Beschleunigung in der Bewegungsrichtung handelt. Wenn man einem Elektron eine gewisse Geschwindigkeit erteilen will, muß man das dieser Geschwindigkeit entsprechende Feld erzeugen. Zu diesem Zwecke muß man einen gewissen Betrag an Arbeit abgeben, da das Feld Energie enthält, und dies kommt auf dasselbe hinaus, als wenn die Masse ein wenig beträchtlicher wäre."

Letzterer Satz verträgt sich meiner Ansicht nach schlecht mit den übrigen. Herr Lorentz nimmt nämlich die Resultate der Abrahamschen Berechnung als richtig an und zieht aus ihnen auch den Schluß, daß die negativen Elektronen keine wirkliche Masse besitzen, daß sie nur eine elektromagnetische Masse haben und kurz gesagt, eine Ladung ohne Materie darstellen. Nun scheint es mir, daß, wenn Herr Lorentz unter der einfachen Bezeichnung „Masse" in diesem Satze wirkliche Masse meint, diese, da sie nicht existiert, auch nicht etwas beträchtlicher werden kann. Wenn ferner m_0 gleich Null ist, so reduziert sich $m_0 + m_1$ oder $m_0 + m_2$, worunter er die effektiven Massen versteht, auf m_1 und m_2 und stellt nur noch anscheinende Massen dar; diese Massen sind aber in Wirklichkeit die kinetischen Energien des Mittels. Deswegen stimme ich vollständig Herrn Lorentz[1]) bei, wenn dieser behauptet, daß die Energie des Feldes das Elektron in Bewegung setzt und daß dessen Bewegungsgeschwindigkeit einen von dem Felde aufzuwendenden Arbeitsbetrag darstellt; andererseits meine ich aber, daß diese sehr genaue Vorstellung von der wirklichen dynamokinetischen Form der Erscheinung uns dazu zwingt, die Ergebnisse der Kaufmannschen Versuche in anderem Lichte anzusehen und zwar folgendermaßen:

Aus dem Umstande, daß das negative Elektron keine wirkliche Masse besitzt, hat man logisch gefolgert, daß es nur aus der Ladung besteht. Da nun die Feldenergie das Elektron in Bewegung setzt und dieses also nur eine Ladung darstellt, so ist die in seiner Fortbewegung entgegensetzende Trägheit die seiner Ladung. Dies beweist, daß die Masse des Elektrons nicht elektromagnetisch, sondern elektrostatisch ist. Diese elektrostatische Masse verhält sich so, als ob sie durch ihre Kraftlinien auf das aktive elektromagnetische Medium reagierte; die Trägheit des Elektrons ist daher zu der Dichte seiner eigenen Kraftlinien proportional.

Demzufolge ist es die Größe der Ladung und, kurz gesagt, die Größe des Elektrons, die seine Geschwindigkeit verringert. Bei der Diskussion der Ergebnisse der Kaufmannschen Versuche darf man daher nicht sagen, daß der Wert von $\frac{e}{m}$ mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt, sondern daß die Geschwindigkeit um so größer ist, je größer der Wert von $\frac{e}{m}$ ist. Man muß daher zugeben, daß man sich bei der Annahme einer konstanten Ladung e für alle Elektronen getäuscht hatte, da diese nur konstant ist, wenn die Elektronen dieselbe Geschwindigkeit unter der Einwirkung derselben Feldstärke besitzen, d. h. wenn die Elektronen von gleicher Größe sind. Dies haben nun die Versuche von Becquerel, Kaufmann und Simon erwiesen.

Obwohl es nicht bewiesen ist, könnte man doch annehmen, daß bei sehr großen Geschwindigkeiten eine Verringerung oder Zerstreuung der Ladung stattfindet, und dies würde zu der

1) H. A. Lorentz — Resultats et problèmes de la théorie des électrons. — L'Ecl. Electr. nos. 30 et 31, Juli - August 1905.

Annahme einer Absorption oder Umwandlung des Elektrons seitens des wellenförmigen elektromagnetischen Feldes führen. Bei dieser Umwandlung würde im übrigen die kinetische Energie des Elektrons einfach von der elektrostatischen zur elektromagnetischen Form übergehen. Diese Annahme ist zulässig, wenn man sich dazu bereit findet, in der Elektrizität eine Bewegungsart und nicht eine Substanz zu sehen; dies würde zu dem Schlusse führen, daß nur Äther sowie dessen kinetische Energie unzerstörbar ist.

Unterdessen können wir als völlig bewiesen ansehen, daß die sich schneller fortbewegenden negativen Elektronen eine geringere Ladung besitzen, also kleiner sind.

Die Nichtkonstanz von e läßt sich auch noch durch folgende Betrachtungen erweisen.

Man wußte schon nach den ersten Versuchen des Herrn H. Becquerel, daß das Bündel der β-Strahlen Elektronen von verschiedenen Geschwindigkeiten enthält; wenn nun alle Elektronen dieses Bündels dieselbe Ladung besäßen und das sie in Bewegung setzende Feld dieselbe Stärke hätte, wovon würden dann die verschiedenen Geschwindigkeiten herrühren, die allein einen Unterschied zwischen ihnen ermöglichen? Wenn im übrigen die Elektronen ausschließlich aus ihrer Ladung bestehen, so ist es augenscheinlich, daß nicht die Größe dieser Ladung sie differenziieren kann, denn wenn der Anfangsantrieb nicht für alle Elektronen eines und desselben Bündels der gleiche ist, so muß man daraus schließen, daß diese anfängliche mechanische Wirkung ihnen verschiedene Ladungen erteilt. Die Elektronen würden also durch eine in Atomen lokalisierte Umwandlung freigemacht werden, und diese Erzeugung von freien Elektronen würde entweder bei gewissen Körpern natürlich vor sich gehen oder aber künstlich hervorgerufen sein.

Aus dem Vorhergehenden ersieht man, daß die Geschwindigkeit des negativen Elektrons, dessen Widerstand niemals gleich Null ist, in keinem Falle, von welcher Quelle sie auch herrühren möge, der Geschwindigkeit des Lichtes gleich sein kann, außer in dem absoluten Anfangsaugenblick, der nicht meßbar ist. Wenn daher ein Übertragen negativer Elektronen seitens der Lichtstrahlen stattfindet, so muß die Verringerung ihrer Geschwindigkeit bedeutend schneller als die der sie fortziehenden Strahlungsschwingung erfolgen.

Wie man sieht, ist das, was man unangebrachterweise Energie nennt, in Wirklichkeit ein Widerstand gegen die Fortbewegung, also eine Reaktion, also eine kinetische Energie, die in dem Fortbewegten vorhanden ist und die um so stärker reagiert, um die Geschwindigkeit ihrer Fortbewegung zu verringern, je größer sie im Verhältnis zu dem bewegenden Felde ist.

Man nimmt an, daß eine sich bewegende Ladung ein elektromagnetisches Feld erzeugt. Man nimmt aber gleichfalls an, daß das, was das negative Elektron in Bewegung setzt, ein außerhalb befindliches Feld ist. In Wirklichkeit gibt es zu Anfang einen Anfangsstoß, der die im voraus im Äther bestehenden Feldstärken abändert und diese Abänderung transportiert bei ihrer Fortpflanzung das Elektron, welches ihr einen Widerstand entgegensetzt, der der Dichte seiner Kraftlinien proportional ist. Dieser Widerstand verhält sich wie eine Masse und nimmt mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie dies bei jedem Reibungswiderstand der Fall ist, zu; es besteht daher sehr wohl eine wirkliche bewegliche widerstandbietende elektrostatische Masse, die mit der Geschwindigkeit wächst, weil sie nicht selbst beweglich ist; diesem wesentlichen Merkmal hatte man keine Rechnung getragen.

Die Kraftlinien des negativen Elektrons sind sämtlich von strahlender und konvergierender Form; die kinetische Energie in ihnen ist daher von außen nach innen gerichtet und die des bewegenden Feldes müssen gleichfalls nach dem Elektron hin gerichtet sein. Die Annahme, nach der das negative Elektron eine Vakuole im Äther wäre und die Herr Langevin nur in der Absicht aufgestellt hat, um die Anwendung der Analyse zu vereinfachen, scheint daher sehr plausibel; sie wird zu einer Vorstellung von dem wirklichen dynamokinetischen Mechanismus, der das negative Elektron darstellt.

Man ist noch nicht zu der Erkenntnis des freien positiven Elektrons gelangt; verschiedene Physiker zweifeln daher selbst an seiner Existenz. Nun wird es nach der vorhergehenden Deutung der Langevinschen Hypothese sehr wahrscheinlich, daß es bisher einfach deswegen unmöglich gewesen ist, positive Elektronen zu fangen, weil der Äther ausschließlich aus ihnen besteht.

Wenn nämlich der Äther das negative Elektron fortbewegt, kann er nach den von mir gegebenen Erklärungen nicht selbst daraus bestehen. Außerdem kann letztere Hypothese durch die Annahme vervollständigt werden, daß das neutrale wägbare Atom aus einem oder mehreren positiven Elektronen bestünde, die im Inneren der negativen Vakuole oder aber im Inneren mehrerer konzentrisch oder sonstwie angeordneter Vakuolen befestigt oder angebracht wären. Der Verlust der Vakuolen, deren konvergierende Kraftlinien im Atom die divergierenden Kraftlinien der inneren positiven Elektronen neutralisierten, gestattet der Wirkung der letzteren freies Spiel und wandelt daher

das Atom oder neutrale Molekül in ein positives Ion um.

Wenn man diese Anschauungsweise zuläßt, kann man den Versuch machen, die Natur der beiden Elektronen sowie die des Elektromagnetismus näher zu ergründen.

Sicherlich bedeutet es einen großen Fortschritt, erkannt zu haben, daß alle physikalischen Erscheinungen ein elektrisches Substratum besitzen, das die Anwendung der Maxwell-Hertzschen elektromagnetischen Gleichungen bei den Rechnungen gestattet; dieser wertvolle Fortschritt erlaubt jedoch keineswegs die Schlußfolgerung, daß der Elektromagnetismus die Mechanik ersetzen sollte; er ist vielmehr gerade deswegen sehr bedeutsam, weil er eine mechanische Theorie des Elektromagnetismus vorauszusehen gestattet, die die neue Wissenschaft Äther-Dynamik schaffen würde.

Jede nicht mechanische Erklärung bleibt stets metaphysisch.

Wir haben angenommen, daß m_0 bei dem negativen Elektron gleich Null ist. Nach der Konstitution des positiven Ions, die wir vorausgesetzt haben, müssen wir nun für dieses sowie für das chemische Atom eine wirkliche Masse gleich Null annehmen, was zu der Schlußfolgerung führen würde, daß die sogenannte gewöhnliche Materie nicht vorhanden und die einzige vorhandene Materie die des Äthers ist, die Herr Langevin die Materie des Philosophen nennt. Diese Materie kann man definieren als „diskontinuierliche, die Bewegung erzeugende Ausdehnung", da sie keine andere Eigenschaft besitzt und da alle physikochemischen Eigenschaften Wirkungen von verschiedenen Bewegungsformen dieser einzigen Materie darstellen, die man energetisch nennen muß, da die Energie ihr wegen der unzerstörbaren Bewegung, die sie besitzt, eigen ist.

Ich habe gesagt, „diskontinuierlich" da die Materie nur in staubförmigem Zustand bestehen kann. Ich habe von einer „Ausdehnung" gesprochen, da jedes Körnchen dieses Staubes notwendigerweise ein wirkliches Volumen besitzt, dieses Volumen aber niemals allein bei den Erscheinungen auftritt, bei denen jedes dynamokinetische Element ein Energie-Mittelpunkt ist, das aus einem eine große Anzahl dieser Körnchen enthaltenden Wirbel gebildet wird.

Nicht nur alle Körper, sondern auch alle physikalischen Kräfte bestehen nur aus Bewegungsformen. Dies gilt von der chemischen Affinität, von der Dichte, Kohäsion und Elastizität. Elektrizität und Magnetismus haben als besondere Substanzen ebensowenig ein wirkliches Bestehen, wie dies von Licht und Wärme gilt, obwohl sie untereinander als Erscheinungen vollständig verschieden sind.

Wenn wir die wirkliche mechanische Natur der Kraftlinien entdecken oder feststellen, so werden wir den Mechanismus vor Augen haben, der die elektrischen und magnetischen Erscheinungen hervorruft.

Wir beginnen mit der Erkenntnis, daß ein lineares Element einer Kraftröhre an und für sich weder Elektrizität noch Magnetismus ist, obwohl es sicherlich energetisch ist. Es bedarf nämlich einer Gruppierung oder, besser gesagt, einer besonderen Anordnung von Kraftlinien, um entweder eine elementare Ladung oder ein Element eines elektromagnetischen Feldes zu bilden.

Bevor wir jedoch weiter gehen, müssen wir zugestehen, daß die Erscheinungen, die wir als Spannungen zu betrachten gewohnt sind, — bei elektrischer Ladung oder selbst bei einer Stahlfeder — in Wirklichkeit Drucke sind, daß diese ihrerseits nur eine ungeheure Anzahl sehr nahe aufeinander folgender Stöße darstellen und daß es ebenso mit den anderen Erscheinungen steht, die man als Anziehungen oder Abstoßungen betrachtet, da diese Erscheinungen nicht unter der Form, die man angenommen hatte, bestehen, und die homonymen Kräfte, von denen man annimmt, daß sie sie hervorrufen, nur Formen kinetischer Ätherenergie darstellen.

Nur ein altes Vorurteil bringt es mit sich, daß wir in der Bewegung, die einen Körper einem anderen nähert, eine Anziehung sehen, da diese nicht einmal dem Augenschein nach besteht. Man hat an diese Anziehung geglaubt, solange man die Wirkung des Mediums gleich Null oder als unbedeutend ansah; damals war diese Deutung berechtigt. Heute haben die Faradayschen Ideen jedoch durch so viel neue Tatsachen eine ungeheure Stütze gewonnen, daß es nicht mehr zulässig ist, diese alten Idole zu benutzen, daß man sie vielmehr zerstören und sogar aus der Sprache ausmerzen muß. Ist es etwa weniger klar, wenn ich sage, daß zwei entgegengesetzt elektrisierte Körper durch die Wirkung des Feldes gegeneinander getrieben werden, als wenn ich behauptete, daß sie sich anziehen? Dasselbe träge Festhalten am Herkömmlichen behält noch in der Wissenschaft die Anomalie zentraler Kräfte bei, die Newton für absurd erklärte! Die ungeheure Dichte, die man dem Äther zuerkennen muß, gestattet es zu verstehen, daß der Äther nur deswegen der Fortbewegung der Gestirne keinen Widerstand entgegensetzt, weil der Äther sie unterhält und der Mechanismus, der die negativen Elektronen in Bewegung setzt, keineswegs von dem die Gestirne in den Spiralen ihrer Bahn bewegenden verschieden ist. Die Newtonsche Schwerkraft ist daher elektromagnetisch und die Ponderabilität elektrostatisch.

Bei jeder Erscheinung darf man nur unzählige Varietäten der Beziehungen ins Auge ziehen, die entweder zwischen den Geschwindigkeiten und den Amplituden der Wege der letzten den Elementarwirbel darstellenden Teilchen der Materie oder zwischen der Anzahl Stöße pro Einheit der Zeit und des Volumens bestehen, die sich diese Teilchen in dem Teil des Raumes, in dem die Erscheinung stattfindet, erteilen. Eine Erscheinung ist daher eine sehr komplexe Gruppe von Wirkungen, die eine Modifizierung des Äthers zur Folge haben.

Wenn dem so ist, so muß das, was jedes chemische Element individualisiert und ihm die ihm zuerkannten Sondereigenschaften verleiht, unmittelbar von den interatomischen kinetischen Anordnungen abhängen. Man muß daher die kinetische Theorie bis zu dem innersten Aufbau des Atoms treiben.

Die Gründe, die Mendelejeff darauf gebracht haben, seine Reihen und William Crookes seine sehr anregenden Spiralkurven aufzustellen, stehen mit dieser Theorie in vollkommenem Einklang.

Man sieht jetzt, daß es nicht erforderlich ist, die Menge der Materie im chemischen Atom variieren zu lassen, um dessen Gewicht und anderen charakteristischen Eigenschaften abzuändern und daß es zum Erreichen dieses Zweckes genügen würde, die Geschwindigkeiten und Bahnen der im Inneren des Atoms vorhandenen Wirbel variieren zu lassen.

Bei dem augenblicklichen Stande der Wissenschaft besitzen wir noch kein Mittel, um diese Veränderungen zu erzielen, die Umwandlungen wären, da die von Radium in Exradio und dann in Helium ohne unsere Dazwischenkunft stattfindet, wir sie nicht hindern und nicht beschleunigen können und die wirkliche mechanische Einwirkung, die sie erzeugt, uns noch unbekannt ist.

Offenbar müssen, wenn die Dichten Funktionen der Geschwindigkeiten der Körperchen sind, die Elastizitätkoeffizienten es gleichfalls sein. Wenn man bedenkt, daß bei der faserförmigen oder kristallinischen Konstitution der Körper notwendigerweise mehrere übereinander gelegte Systeme bestehen, die sich gegenseitig beeinflussen, so kann man nicht daran zweifeln, daß in demselben Körper die Atomelastizität von der Elastizität des Moleküls und der die der Körper in seiner Gesamtheit besitzt, verschieden sei. Komplizierte Veränderungen, wie die, die z. B. bei dem Härten von Metallen auftreten, werden vollständig begreiflich, und dies gilt auch von dem anscheinenden Nichtvorhandensein einer Beziehung zwischen der Elastizität der Körper und ihrem Gewicht.

Wir haben schon in dem unbegrenzten geometrischen Raum die Partikeln betrachtet, aus denen die Materie besteht und die in unaufhörlicher Bewegung wirbelnd die unzähligen Moleküle des Äthers bilden; es genügt uns, feststellen zu können, daß diese letzten Teilchen jedes ein vollkommener Vollraum sind, dessen Natur geheimnisvoll bleibt. Es sind Massen mit eigener Geschwindigkeit, also Energie, und diese wirkliche Tatsache bildet für uns das einzig Wichtige. Natürlich müssen diese Massen, die die letzten Teilchen des Bestehenden sind, sich in einem absoluten Vakuum fortbewegen.

Wenn wir dieses Prinzip annehmen und zu einer niederen Größenanordnung hinabsteigen und das erwägen, was in dem homogenen Äthermedium vor sich geht, so können wir leicht begreifen, daß ein negatives Elektron, wenn es ein Depressionszentrum sein soll, eine Vakuole im Äther darstellen muß. Die Vakuole ist daher ein nicht absolutes Vakuum, das in einem Vollraum und durch ihn fortbewegt wird, der aber als notwendigerweise diskontinuierlich gleichfalls nicht absolut ist. Dies läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Der Mechanismus des Äthermoleküls, das nach unserer Annahme das positive Elektron ist, befindet sich im Innern dieses Elektrons. Deswegen ist dieser Mechanismus von der höchsten Ordnung und besteht er aus unzähligen absoluten, außerordentlich kleinen Vollräumen, die fortdauernd mit sehr großer Geschwindigkeit in einem ebenso absoluten Vakuum wirbeln.

2. Der Mechanismus des negativen Elektrons spielt sich zum größten Teil an dessen Oberfläche ab; er ist daher schon von weniger hoher Ordnung, da wir zur Untersuchung seiner Wirkung seine gesamte Fortbewegung betrachten müssen, die also nicht in dem absoluten Vakuum, sondern in dem von positiven Elektronen gebildeten Äthermedium stattfindet.

Es ist von Wichtigkeit, nicht außer acht zu lassen, daß bei diesen beiden Mechanismen die Funktionen umgekehrt sind. Bei dem ersten liegt nämlich die Energie in den sich fortbewegenden Teilchen selbst, während bei dem zweiten die ihn fortbewegende Energie nicht diejenige ist, die er selbst besitzt, sondern die des Mediums.

Diese Energien sind lediglich mechanisch und sämtlich kinetisch; sie werden abgeändert durch die sehr schnell und unaufhörlich in Richtungen erfolgenden Stöße, die uns nur durch den erzielten Totaleffekt oder durch die resultierende Wirkung kund werden.

Die Richtungen, in denen diese aufeinander folgenden Anstöße sich fortpflanzen, sind also Drucklinien oder Kraftlinien. Nun ist der einzige sichere und genaue Begriff, den wir von der Natur der Elektrizität besitzen, in letzter Analyse eine lediglich mechanische Vorstellung,

nämlich die von Röhren und Kraftlinienfeldern.

Wir wissen im Grunde nichts anderes als das Folgende: Wenn man in irgendeinem Medium das Vorhandensein von strahlenden Kraftlinien mit Bezug auf die Oberfläche eines in dieses Medium tauchenden Körpers feststellt, so weiß man, daß man es mit einer negativen elektrischen Ladung zu tun hat, wenn die Energiefortpflanzung konvergent ist und von außen nach dem Körper hin erfolgt, und daß die Ladung vielmehr positiv ist, wenn die in der Richtung der Kraftlinien fortgepflanzte Energie sich als von dem Körper selbst herrührend dartut. Außerdem weiß man, daß sich ein elektrisierter Körper nur in der einen oder anderen Lage befinden kann. Man hat somit festgestellt, daß ein Körper neutral ist, wenn keine dieser Wirkungen sich offenbart.

Das von Kraftlinien gebildete Feld stellt die Ladung her, und die elektrische Spannung, die einen Oberflächendruck der geladenen Leiter darstellt, ist in Wirklichkeit eine Schicht negativer Elektronen, wenn die Ladung negativ ist, wobei jedes Elektron eine inmitten einer gewissen Anzahl positiver Ätherelektronen gebildete Vakuole ist. Es entsteht eine Funkenentladung, wenn man den kritischen Punkt überschreitet, der dann eintritt, wenn die Zahl der positiven Elektronen des Äthers auf die gerade zur Bildung negativer Vakuolen notwendige Anzahl reduziert wird, wobei die maximale Anzahl dieser Vakuolen pro Oberflächeneinheit erreicht wird.

Die Schicht der positiven Ladung ist nicht eine Schicht von positiven Elektronen, sondern von positiven Ionen, die von positiven Ätherelektronen umgeben sind. Hier findet gleichfalls ein maximaler Oberflächendruck statt, wenn die Zahl der positiven Ionen pro Oberflächeneinheit des geladenen Leiters die größtmögliche ist. Dieser Druck, dessen parallel zur Oberfläche gerichtete Komponente nicht in die Erscheinung treten kann, wirkt hier mit der anderen in der Richtung der Kraftlinien gehenden Komponente, während bei der Spitzenentladung die beiden Komponenten zusammen nebeneinander wirken können.

Was den Mechanismus der elektrischen Zerstreuung, Neutralisierung oder Entladung elektrisierter Leiter anbelangt, so muß man je nach den Umständen folgendermaßen unterscheiden.

Wenn Berührung mit einem festen oder flüssigen Leiter, oder mit einem ionisierten Gase stattfindet, so verschwindet die Ladung in Form eines Stromes; aber in diesem Strome darf man nicht allein eine bloße Verschiebung von Elektronen sehen, sondern man muß in ihm den Faktor suchen, der diese Verschiebung erzeugt und auch das Wie und Warum dieser eintritt. Wir wissen jetzt, daß dieser stets in dem Medium vorhandene Faktor der Äther ist. Nun sind es gerade die positiven Ätherelektronen, die, um ihren ursprünglichen Platz wieder einzunehmen und auf diese Weise den normalen Gleichgewichtszustand wieder herzustellen, je nach dem Vorzeichen der Ladung die Vakuolen oder die positiven Ionen nach der sie aufnehmenden Kapazität bei den Potentialen Null stoßen.

Wenn die Zerstreuung unter der Einwirkung von Radioaktivität stattfindet, so kommt man auf den ersten Fall zurück, wenn diese durch künstlich erzeugte Ionisierung wirkt, während die Einwirkung anderer Art ist, wenn der radioaktive Körper negative, sehr durchdringende Elektronen von großer Anfangsgeschwindigkeit aussendet. Dann findet eine kompliziertere, kinetische Modifizierung statt, die aus einer Absorption und einen Austausch von Elektronen sowie einer Aussendung von negativen Elektronen seitens des elektrisierten Körpers besteht. Diese Aussendung stellt das dar, was man eine Sekundärstrahlung nennt, aber auch hier ist der bewegende Faktor immer noch der Äther, da es feststeht, daß das Außenfeld ganz unabhängig von seinem Ursprunge das negative Elektron bewegt.

Da wir annehmen, daß schon die Anordnung der Kraftlinien dazu ausreicht, die elektrische Erscheinung zu spezialisieren, also sie darzustellen, so ist es nicht mehr möglich, ihr gleichzeitiges Bestehen bei allen Erscheinungen in Zweifel zu setzen. Der ursprüngliche Mechanismus der Kraftlinien, der sie in die höchste Größenordnung versetzt, erlaubt uns also, die elektrische Erscheinung als Substratum aller anderen anzusehen.

Die Physiker haben daher allen Anlaß, sich über das Auftreten einer großen elektromagtischen Synthese zu freuen, die das Gesamtgebiet der Physik umfaßt. Diese neue Entwicklung unserer Wissenschaft öffnet nämlich allen denen, die guten Willen besitzen, ein ungeheures Feld zur Bearbeitung, sowohl für analytische Arbeiten, wie für experimentelle Untersuchungen.

Herr Professor Lorentz, den ich schon genannt habe und der hier bahnbrechend gewirkt hat, hat die ersten Furchen in diesem neuen Feld mit seiner schönen Arbeit: „Die Thermodynamik und die kinetischen Theorien“ [1]) gezogen.

Um einen kurzen Überblick über die Wirbelbewegungen zu geben, die die Kraftlinien im negativen und im positiven Elektron erzeugen, könnte ich die bedeutsamen Untersuchungen

1) Vortrag, gehalten in der Sitzung der Société française de physique, am 21. April 1905. Journ. de Phys. (4) **4**, 533—560, 1905; Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik **2**, 363—391, 1905.

von Helmholtz über die moncyklischen Systeme benutzen. Ich könnte hier wiederholen, was ich der Genfer Physikalischen Gesellschaft hierüber mitgeteilt habe; aber die begrenzte Zeit erlaubt es mir nicht. Ich denke im übrigen, daß die dargelegten Erklärungen zur Einführung der Frage genügen. Mein Wunsch ist es nun gerade, innerhalb dieser Grenzen zu bleiben, um nicht die Lösung des Problems selbst in Angriff zu nehmen.

Ich beschränke mich auf die Bemerkung, daß das, was durch seine kapitale Bedeutung an dieser allgemeinen dynamokinetischen Theorie auffällt, die enge Beziehung ist, die man zwischen dem Mechanismus des beweglichen, aber passiven, negativen Elektrons und dem des feststehenden, aber aktiven, positiven Elektrons findet, das bewegende elektromagnetische Feld bildet.

Die transversale und zu gleicher Zeit pulsierend longitudinale Schwingung des positiven Elektrons des Äthers erzeugt die wirkliche kinetische Form der Strahlungen, also die elektromagnetische Erscheinung.

Nach diesen Begriffen kann die Elektronentheorie der Strahlungen aufgestellt werden; sie muß sich also auf eine kinetische Theorie oder Auffassung von dem Elektron gründen.

(Aus dem Französischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 25. September 1905.)

Ch. Eug. Guye und H. Guye (Genf), Über die elektrostatische Festigkeit bei hohen Drucken.

Das sehr aktuelle Interesse der Funkenentladung in Gasen hat uns veranlaßt, den Einfluß hoher Drucke auf das Funkenpotential zu untersuchen. Die zur Untersuchung kommenden Gase, die sorgfältig gereinigt und getrocknet wurden, waren Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure.

Die von uns benutzte Vorrichtung war folgende: An das Ende einer Cailletetschen Röhre wurden zwei Platinelektroden von 1 mm Durchmesser gelötet, die sorgfältig eben geschliffen waren und voneinander um etwa 0,2 mm abstanden. Um eventuelle störende Einwirkungen der auf dem Glase lokalisierten elektrischen Ladungen zu vermeiden, wurde eine Platinkapsel im Innern der Röhre und in Verbindung mit der oberen Elektrode angebracht, die die Elektroden vollständig bedeckte. Nur zwei kleine Öffnungen, die auf zwei rechtwinkligen Durchmessern angebracht waren, ermöglichten die Beobachtung des Funkens im Innern der Kapsel. Der Druck wurde vermittels Stickstoff-Manometern gemessen, die in Verbindung mit der Kompressionspumpe standen und nach den Amagatschen Versuchen eingeteilt waren. Die Messung der Potentiale wurde vermittels eines absoluten Elektrometers von Bichat und Blondlot mit einer Versuchsanordnung vorgenommen, die, abgesehen von einigen Abänderungen, der der Herren Abraham und Lemoine glich. Bei allen Versuchen war die Funkenlänge dieselbe; wir haben uns vermittels eines Mikroskops und eines Mikrometers davon überzeugt, daß der Druck ohne Einfluß auf diese Entfernung bleibt. Schließlich wurden alle nötigen Vorsichtsmaßregeln zur Vermeidung von eventuellen Temperaturveränderungen infolge der Kompression oder Ausdehnung der Gase getroffen.

Die folgende Tabelle faßt die erhaltenen Resultate zusammen: Die Drucke p sind in Metern Quecksilbersäule bei 0^0 und die Funkenpotentiale in elektrostatischen C.G.S.-Einheiten ausgedrückt:

	N	Luft	O	H	CO_2		
p	17^0	17^0	$17^0{,}3$	18^0	$18^0{,}2$	$29^0{,}8$	$32^0{,}9$
2.07	10,67	10,26	8,84	5,95	10,15	9,40	10,46
3,78	15,72	15,17	12,85	8,13	14,08	13,73	14,39
5,10	19,70	18,79	16,42	10,37	17,13	16,58	17,20
6,60	23,53	23,16	20,22	13,38	20,64	19,07	20,67
8,12	27,09	26,99	24,06	15,63	23,78	22,15	23,48
9,95	31,42	30,22	27,81	17,33	27,67	25,02	27,25
11,71	34,82	33,39	30,44	18,59	30,43	28,01	30,01
15	40,87	38,63	35,03	21,66	34,73	31,78	35,92
18,08	44,66	43,65	39,41	23,52	39,34	36,56	40,55
24,44	50,78	49,87	45,59	28,01	45,77	42,85	46,84
29,50	"	"	"	"	52,28	"	"
32,70	56,41	55,82	51,59	33,30	56,24	47,05	52,78
37,40	"	"	"	"	59,08	"	"
39	"	"	"	"	60,78	"	"
39,60	"	"	"	"	60,85	"	"
40,70	58,50	59,50	55,59	37,35	"	51,45	54,77
44,80	61,25	"	"	"	"	"	"
45,30	"	"	"	"	"	"	"
47,65	63,77	60,03	57,96	40,21	"	"	"
50,80	65	"	"	"	"	"	"
54,60	62,71	60,78	59,56	"	"	"	"
60,50	59,75	"	"	"	"	"	"
65,10	59,56	62,74	60,19	"	"	"	"

Eine Prüfung dieser Zahlen führt zu den folgenden Schlußfolgerungen:

1. Bis in die Nähe von 10 Atm. nimmt das Funkenpotential linear mit dem Drucke zu; dieses Ergebnis bestätigt also die innerhalb dieser Grenzen vorgenommenen Versuche des Herrn Wolf.

2. Bei höheren Drucken nimmt das Verhältnis des Funkenpotentials zu dem Drucke ab; die das Potential als Funktion des Druckes darstellenden Kurven zeigen in ihrer Gesamtheit einen parabolischen Verlauf, den wir uns an anderer Stelle zu erörtern vorbehalten.

3. Bei allen unseren Versuchen an Stickstoff zeigte die Kurve des Funkenpotentials ein Maximum in der Nähe des Maximums der Kompressibilität des Gases (pv_0 = Minimum). Die Versuche an Luft haben gleichfalls eine leichte Erhöhung der Kurve bei $p = 65$ m Quecksilbersäule gezeigt.

4. Bei Wasserstoff und Sauerstoff, bei denen das Minimum von pv sich außerhalb der Grenzen

unserer Versuche befindet, haben wir nichts Ähnliches festgestellt.

5. Die wenigen über die elektrostatische Festigkeit von CO_2 in der Nähe des kritischen Punktes ausgeführten Versuche scheinen auf eine Abnahme des Funkenpotentials an diesem Punkte hinzudeuten; die teilweise Zersetzung des Gases, die durch den Durchgang des Funkens hervorgerufen sein muß, gestaltet dann die Erscheinung komplizierter als bei den früheren Gasen und eine Auslegung wird erschwert.

6. Versuche, die wir bei Anwesenheit eines Radiumsalzes oder bei der Einwirkung von X-Strahlen ausführten, haben kaum andere Ergebnisse geliefert.

(Aus dem Französischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 25. September 1905.)

Rud. Fabinyi (Klausenburg), Über die Eigenschaftsänderungen der Elemente, speziell des Chlors.

Die in neuerer Zeit, insbesondere durch die Entdeckung der radioaktiven Phänomene hervorgerufene gewaltige Umgestaltung der Ansichten über die Natur der chemischen Elemente und überhaupt der Materie, so insbesondere auch die von Herrn Th. Tommasina in einer Abhandlung „Über die kinetische Theorie des Elektrons" mitgeteilten Auffassungen hierüber[1]), erinnern mich an gewisse Beobachtungen, welche ich Gelegenheit hatte, im Laufe meiner Untersuchungen „über den Einfluß der Reihenfolge der aufeinander einwirkenden Ingredienzien, auf die Eigenschaften der resultierenden Körper" — vor mehreren Jahren zu machen.[2])

Da es mir nicht unmöglich erscheint, daß zwischen den von mir festgestellten Tatsachen und der neueren Auffassung über die Natur der chemischen Elemente gewisse Beziehungen aufgefunden werden könnten, erlaube ich mir über die Resultate meiner diesbezüglichen Versuche hier einen kurzen Bericht zu erstatten.

Ich habe nämlich gefunden, daß bei der Darstellung gewisser anorganischer und organischer Präparate die Eigenschaften der resultierenden Körper durch die Reihenfolge der aufeinander zur Wirkung gelangenden Ingredienzien verändert werden können. Später gelang es mir auch nachzuweisen, daß die durch Veränderung der Reihenfolge verursachten Unterschiede nicht nur bei zusammengesetzten Körpern, sondern auch bei einfachen, d. h. bei den Elementen auftreten.

Diese, durch die Veränderung der Reihenfolge bestimmten Unterschiede in den Eigenschaften einfacher Körper wurden in einigen Fällen auch messend verfolgt. Einen solchen Fall, u. zw. die durch die Veränderung der Reihenfolge bewirkte Beeinflussung der Eigenschaften des Chlors, machte Herr Ludwig Förster in meinem Laboratorium zum Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung. Speziell das Resultat dieser Versuche möchte ich in folgendem kurz mitteilen.

Darstellung von Chlorgas nach der gewöhnlichen Methode und durch Änderung der Reihenfolge.

Zur Darstellung von Chlor wurde Kaliumperchromat, Chlornatrium und Schwefelsäure verwendet. Die Reaktion erfolgt in folgender Weise:

$$6\,NaCl + K_2Cr_2O_7 + 7\,H_2SO_4 = 3\,Na_2SO_4 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7\,H_2O + 3\,Cl_2$$

Bezeichnen wir das Chlorgas, welches dadurch gewonnen wird, daß wir zu einer Mischung von Kaliumperchromat und Chlornatrium, Schwefelsäure hinzufließen lassen im folgenden mit I.

Verändern wir nun die Reihenfolge derart, daß wir Kaliumperchromat zuerst mit Schwefelsäure mischen, und in diese die Lösung von Chlornatrium tröpfeln, so erhalten wir ebenfalls Chlorgas, doch mit modifizierten Eigenschaften, dasselbe soll im folgenden mit II bezeichnet werden.

Es ist auch eine dritte Variation möglich, indem wir zu einem Gemisch von Chlornatrium und Schwefelsäure Kaliumperchromat zufließen lassen. Mit diesem Verfahren gelangen wir jedoch bei unseren Versuchen nicht zum Ziele, weil Chlornatrium und Schwefelsäure sofort aufeinander wirken und Salzsäure bilden, welche zum Teil entweicht, noch ehe sie mit der Chromlösung in Reaktion treten kann, weil eben zum Austreiben des Chlors eine höhere Temperatur erforderlich ist.

Der Chlorentwicklungs-Apparat besteht aus zwei gleichen, 700 ccm fassenden Kolben. Diese stehen in einem Luftbade, welches mit Thermometer versehen ist. Jeder Kolben ist mittels eines doppelt durchbohrten Kautschukpfropfens verschlossen; in der einen Bohrung befindet sich ein Tropftrichter, in der anderen eine kurze Glasröhre, durch welche das Chlor erst in die Waschflasche, nachher in den Sättigungszylinder geleitet wird. Jede Waschflasche enthält 10 ccm destilliertes Wasser, um das Chlorgas von den mitgerissenen Verunreinigungen zu befreien. Die Waschflaschen befinden sich in Kühlschalen. Die Sättigungszylinder sind von gleicher Größe; der untere Teil dieser Zylinder ist mittels eines einfach durchbohrten Pfropfens verschlossen, durch

1) Internat. Kongreß zu Lüttich. Diese Zeitschr. 7, 56, 1906.

2) Über eigentümliche Isomerie-Erscheinungen. „Zeitschrift für physikalische Chemie" XII. 5. 1893.

welchen eine Röhre führt, die mittels Kautschukschlauch und Quetschhahn abgeschlossen ist und dazu dient, daß nach Beendigung des Versuches das gesättigte Chlorwasser den Zylindern entnommen werden kann. Der obere Teil der Zylinder ist durch einen doppelt durchbohrten Pfropfen verschlossen. Durch die erste Bohrung führt ein Knierohr bis in den unteren Teil des Zylinders, durch die zweite Bohrung gelangt das überflüssige Chlorgas in einen gemeinsamen Turm, welcher mit konz. Natriumhydroxyd-Lösung getränkten Bimstein enthält, um das überflüssige Chlor zu binden; das nichtabsorbierte Chlor kann durch das am oberen Teile des Turmes angebrachte Ableitungsrohr in den Abzug oder ins Freie gelangen.

Das mit I bezeichnete Chlor wurde auf folgende Weise dargestellt: 52,65 g fein- gepulvertes Chlornatrium und 44 7 g pulverisiertes Kaliumperchromat wurden in 150 ccm dest. Wassers gelöst. Der Kolben wurde ins Luftbad gesetzt und erwärmt. Die Flüssigkeit im Kolben zeigte 100—110° C. Nun wurde der Gleichung entsprechend 105,5 g konz. Schwefelsäure, verdünnt mit 160 ccm Wasser, zugetröpfelt. Die Entwicklung begann. Das in den Waschflaschen abgekühlte Chlor tritt in die Sättigungszylinder, welche bei jedem Versuche mit 75 ccm dest. Wasser beschickt waren. Das Chlor war von hellgrünlich-gelber Farbe, das Chlorwasser hellgrün gefärbt. Die Temperatur des Luftbades wechselte während des Versuches zwisehen 190—195° C; die Flüssigkeit im Innern des Kolbens zeigte 100° C. Nun wurde das gesättigte Chlorwasser in Büretten abgelassen, die Temperatur bestimmt, dann auf jodometrischem Wege der freie Chlorgehalt, endlich der gesamte Chlorgehalt.

Das durch Umkehrung der Reihenfolge dargestellte Chlor wurde analog entwickelt, nur mit dem Unterschiede, daß jetzt zu der aus 44,7 g Kaliumperchromat, 105,5 g konz. Schwefelsäure und 150 ccm dest. Wasser bestehenden Mischung, 52,65 g Natriumchlorid gelöst in 160 ccm Wasser, tropfenweise hinzugegeben wurden. Die Temperatur des Luftbades schwankte auch bei diesen Versuchen zwischen 190—195° C; im Innern des Kolbens betrug die Temperatur der Flüssigkeit 100—110° C.

In beiden Fällen war die Quantität und Konzentration der in Reaktion tretenden Körper ganz dieselbe, desgleichen alle Versuchsbedingungen — mit Ausnahme der Reihenfolge. Das durch Umkehrung der Reihenfolge dargestellte Chlor besaß eine tief gelblich-grüne Farbe. Auch zeigte das gesättigte Chlorwasser einen dunkelgrünen Ton, so daß der Beobachter auf die Vermutung kommen könnte, daß diese Lösung mehr Chlor enthält, als die früher besprochene. Die Chlorbestimmung überzeugt uns aber vom Gegenteil, indem im dunkleren Chlorwasser gewöhnlich noch etwas weniger Chlor angetroffen wurde, als im helleren.

Nachdem bei den beiden Chlor-Darstellungsmethoden nur die Reihenfolge der Ingredienzien verschieden war, so müssen die am Chlor wahrgenommenen Unterschiede allein der Umkehrung der Reihenfolge zugeschrieben werden. Diese Unterschiede sind ziemlich

Umwandlungsgeschwindigkeiten der nach verschiedener Reihenfolge dargestellten Chlorlösungen (I. und II.) in Salzsäure.

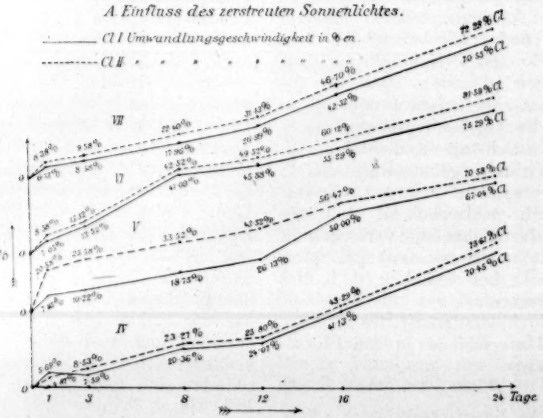


Fig. 1.

Versuch I.

Der Chlorgehalt wurde ermittelt	I. Chlorwasser: Temperatur in C	I. Chlorwasser: In 1000 ccm Chlorw. gefund. Chlor i. gr	I. Chlorwasser: Umgewandeltes Chlor in Proz.	II. Chlorwasser: In 1000 ccm Chlorw. gefund. Chlor i. gr	II. Chlorwasser: Umgewandeltes Chlor in Proz.	II. Chlorwasser: Temperatur in C
Nach der Sättigung	38,7°	4,9345	—	5,2540	—	27,8°
Nach 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	4,6860	5,05	4,9700	5,45	Bei Zimmertemperatur
Nach 3 × 24 Stunden		4,5795	7,18	4,8280	8,56	
Nach 8 × 24 Stunden		3,7984	23,01	3,9050	25,67	
Nach 12 × 24 Stunden		—	—	—	—	

Versuch II.

Nach der Sättigung	23°	5,8930	—	5,8220	—	24°
Nach 24 Stunden		5,2540	10,84	5,1120	12,17	
Nach 3 × 24 Stunden		4,8990	16,86	4,. 600	21,67	
Nach 8 × 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	3,7630	36,14	3,1790	40,24	Bei Zimmertemperatur
Nach 12 × 24 Stunden		3,6920	37,34	3,3370	42,68	
Nach 16 × 24 Stunden		2,5660	56,62	2,4140	58,96	
Nach 24 × 24 Stunden		0,9230	84,33	0,8520	85,43	

Versuch III.

Nach der Sättigung	25°	5,6445	—	5,9285	—	24°
Nach 24 Stunden		5,4315	3,78	5,5380	6,58	
Nach 3 × 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,2185	7,57	5,3960	8,98	Bei Zimmertemperatur
Nach 8 × 24 Stunden		4,0825	27,60	4,4730	24,55	
Nach 12 × 24 Stunden		2,6270	53,45	2,7690	53,29	

Versuch IV.

Der Chlorgehalt wurde ermittelt	I. Chlorwasser: Temperat. in C	I. Chlorwasser: In 1000 ccm Chlorw. gefundenes Chlor in gr	I. Chlorwasser: Umgewandeltes Chlor in Proz.	I. Chlorwasser: Entstandene *HCl* in gr	I. Chlorwasser: Entstandene *HCl* in Proz.	II. Chlorwasser: In 1000 ccm Chlorw. gefundenes Chlor in gr	II. Chlorwasser: Umgewandeltes Chlor in Proz.	II. Chlorwasser: Entstandene *HCl* in gr	II. Chlorwasser: Entstandene *HCl* in Proz.	II. Chlorwasser: Temperat. in C
Nach der Sättigung	24,2°	5,6090	—	0,2103	—	5,8220	—	0,1743	—	23°
Nach 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,2895	5,69	0,3285	5,85	5,5380	4,87*	0,3120	4,96	Bei Zimmertemperatur
Nach 3 × 24 Stunden		5,1830	7,59	0,4382	7,80	5,3250	8,53	0,5060	8,67	
Nach 8 × 24 Stunden		4,4670	20,36	1,1699	20,93	4,4670	23,27	1,3932	23,92	
Nach 12 × 24 Stunden		4,2600	24,07	1,3870	24,79	4,3310	25,60	1,5330	26,32	
Nach 16 × 24 Stunden		3,3015	41,13	2,3725	42,28	3,3015	43,29	2,5915	44,51	
Nach 24 × 24 Stunden		1,8460	70,45	3,8691	72,43	1,4200	75,61	4,5261	77,74	

* Die Turbine blieb im Laufe des ersten Tages zufällig stehen und kann deshalb diese Umwandlungszahl nicht berücksichtigt werden.

Versuch V.

Nach der Sättigung	22°	6,2480	—	0,2298	—	6,0350	—	0,1843	—	22,5°
Nach 24 Stunden		5,7510	7,95	0,5110	8,17	4,7925	20,58*	1,2775	21,16	
Nach 3 × 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,6090	10,22	0,6570	10,50	4,4730	25,88	1,6660	26,60	Bei Zimmertemperatur
Nach 8 × 24 Stunden		5,0765	18,75	1,2645	19,27	4,0115	33,52	2,0805	34,46	
Nach 12 × 24 Stunden		4,6152	23,13	1,6788	26,86	3,4080	43,52	2,7010	44,74	
Nach 16 × 24 Stunden		3,1240	50,00	3,2120	51,41	2,6270	56,47	3,5041	58,06	
Nach 24 × 24 Stunden		2,0590	67,04	3,3071	68,93	1,7750	70,58	4,3801	72,57	

* Auch bei dieser Versuchsreihe blieb die Turbine im Laufe des ersten Tages stehen und kann deshalb die erste bei Chlor II in 24 Stunden ergeichte übergroße Umwandlungszahl nicht mit berücksichtigt werden.

Versuch VI.

Nach der Sättigung	22,2°	6,0350	—	0,2103	—	5,7865	—	0,1651	—	23°
Nach 24 Stunden		5,6090	7,05	0,4380	7,24	5,2895	8,58	0,5110	8,82	
Nach 3 × 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,2185	13,52	0,8400	13,90	4,8995	15,32	0,9120	15,75	Bei Zimmertemperatur
Nach 8 × 24 Stunden		3,5550	41,09	2,5499	42,24	3,3370	42,52	2,5185	43,71	
Nach 12 × 24 Stunden		3,2660	45,88	2,8470	46,75	2,9110	49,52	2,9405	50,91	
Nach 16 × 24 Stunden		2,6980	55,29	3,4311	56,84	2,3075	60,12	3,5771	61,81	
Nach 24 × 24 Stunden		1,4910	75,29	4,6721	77,41	1,0650	81,59	4,8524	83,89	

Anmerkung: Die Turbine arbeitete konstant.

tiefgreifend und äußern sich auch in der Umwandlungs-Geschwindigkeit der wässrigen Chlorlösungen in Salzsäure.

Der Einfluß des Lichtes auf die Lösungen des Chlors Nr. I u. II wurde in einer Reihe von neuen Versuchen messend verfolgt. Den freien Chlorgehalt bestimmte man auf jodometrischem Wege, immer mit den gleichen Quantitäten, zu gleicher Zeit und unter gleichen Bedingungen.

Durch diese Versuche wurde konstatiert, daß das mit II bezeichnete Chlorwasser sich stets rascher in Salzsäure umwandelte, als das Chlorwasser I. (Siehe: Versuch I, II, III.)

Die hier mitgeteilten drei Versuche zeigen deutlich, daß das mit II bezeichnete, durch Umkehrung der Reihenfolge der Ingredienzien dargestellte Chlor sich schneller in Salzsäure umwandelt. Bei dem dritten Versuche in der Kolumne 8×24 scheint eine Änderung eingetreten zu sein. Die Ursache dieser Unregelmäßigkeit bestand darin, daß die diese Lösung (I) enthaltende Bürette den an einer Fensterscheibe reflektierten Sonnenstrahlen zufällig mehr ausgesetzt war, als die andere.

Um diesem Übel vorzubeugen, wurden die mit Chlorwasser gefüllten Büretten vom IVten Versuche ab, in ein direkt zu diesem Zwecke angefertigtes Bürettenstativ befestigt, welches mittels einer kleinen Wasserturbine in gleichförmiger Kreisbewegung erhalten wurde, womit eine gleichmäßige Belichtung des Chlorwassers erzielt wurde. (Versuche IV—VII.) Es ist zu bemerken, daß in den einzelnen Versuchsreihen, obwohl die Bestimmungen in gleichen Zeiträumen ausgeführt wurden, betreffs der Chlorumwandlung keine gleichmäßigen Zahlen erhalten wurden. Der Grund hierfür liegt in den Witterungsverhältnissen, d. h. in der fortwährenden Veränderung der Lichtintensität. Jedoch kann diesem Umstande auf die beobachtete Regelmäßigkeit im allgemeinen kein Einfluß zugesprochen werden, da die einzelnen, zu derselben Versuchsreihe gehörenden Chlorlösungen, dem Lichte ja ganz gleichmäßig ausgesetzt waren.

Einfluß des Auerlichtes auf die Chlorlösungen I und II.

Um die alleinige Einwirkung des Auerlichtes zu ermöglichen, wurden die Versuche in einem vor Tageslicht vollkommen geschützten Raume ausgeführt. Die beiden Chlorlösungen befanden sich auch hier in zwei Büretten; der Abstand derselben von der Auerlampe betrug 40 cm.

Aus jeder der gleichmäßig belichteten Büretten wurden in gewissen Zeiträumen gleiche

Versuch VII.

Der Chlorgehalt wurde ermittelt	I. Chlorwasser					II. Chlorwasser				
	Temperat. in C	In 1000 ccm Chlorw. gefundenes Chlor in gr	Umgewandeltes Chlor in Proz.	Entstandene *HCl* in gr	Entstandene *HCl* in Proz.	In 1000 ccm Chlorw. gefundenes Chlor in gr	Umgewandeltes Chlor in Proz.	Entstandene *HCl* in gr	Entstandene *HCl* in Proz.	Temperat. in C
Nach der Sättigung	23,8°	5,7865	—	0,2051	—	5,9285	—	0,1870	—	23°
Nach 24 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,4315	6,13	0,3650	6,30	5,4315	8,38	0,5110	8,61	Bei Zimmertemperatur
Nach 3×24 Stunden		5,2895	8,58	0,5110	8,82	5,3605	9,58	0,5840	9,85	
Nach 8×24 Stunden		4,7570	17,96	1,0585	18,46	4,6505	22,40	1,3140	23,03	
Nach 12×24 Stunden		4,2245	26,99	1,6060	27,75	4,0825	31,13	1,8980	32,00	
Nach 16×24 Stunden		3,3370	42,32	2,5195	43,51	3,1595	46,70	2,8470	48,01	
Nach 24×24 Stunden		1,7040	70,55	4,1976	72,53	1,3490	77,24	4,7081	79,41	

Anmerkung. Die Turbine arbeitete konstant.

Versuch VIII.

Nach der Sättigung	22,5°	6,1060	—	0,2232	—	6,0705	—	0,1884	—	22,5°
Nach 28 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,5380	9,30	0,5840	9,56	5,3960	11,11	0,6935	11,42	Bei Zimmertemperatur
Nach 70 Stunden		5,2540	13,95	0,8760	14,34	5,0410	16,95	1,0585	17,42	
Nach 105 Stunden		4,6860	23,25	1,4500	23,90	4,5440	25,14	1,5695	25,84	
Nach 160 Stunden		4,1180	32,55	2,0440	33,47	3,7630	38,01	2,3745	39,08	
Nach 203 Stunden		3,1950	47,67	2,9930	49,01	2,8950	52,83	3,2650	54,11	
Nach 270 Stunden		—	—	—	—	—	—	—	—	

Versuch IX.

Nach der Sättigung	22°	6,1060	—	0,2029	—	5,8220	—	0,1694	—	23°
Nach 36 Stunden	Bei Zimmertemperatur	5,3250	11,15	0,8030	11,46	4,9700	14,63	0,8760	15,04	Bei Zimmertemperatur
Nach 70 Stunden		4,8635	20,34	1,2475	20,91	4,5440	22,98	1,3137	23,62	
Nach 105 Stunden		4,6860	23,25	1,4600	23,90	4,2955	26,21	1,5695	26,94	
Nach 160 Stunden		3,9603	35,14	2,1909	36,13	3,3725	42,07	2,5185	43,25	
Nach 203 Stunden		2,9820	51,17	3,2120	52,61	2,5915	55,47	3,3216	57,03	
Nach 270 Stunden		1,5620	74,41	4,6711	76,50	1,0650	81,53	4,8808	83,82	

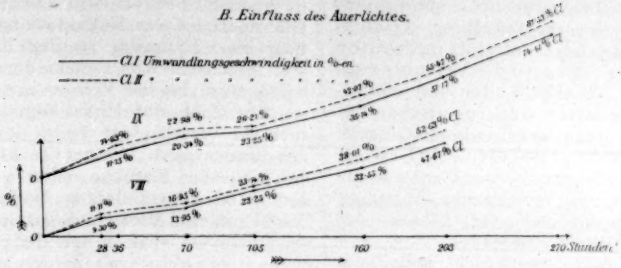


Fig. 2.

Mengen von Chlorwasser entnommen, und die Umwandlungsgeschwindigkeit derselben bestimmt. Die diesbezüglichen Resultate sind in den vorstehenden Tabellen zusammengefaßt. (Versuch VIII und IX.)

Aus diesen zwei Versuchsreihen ist zu ersehen, daß die Wirkung des Auerlichtes auf das Chlorwasser eine ziemlich große ist; immerhin größer als die der gewöhnlichen Gasflamme. Die Umwandlung der Chlorlösungen zeigt auch hier dieselbe Regelmäßigkeit, wie bei der gewöhnlichen Belichtung, d. h. Chlor II setzt sich rascher in Salzsäure um.

Der Gang der Umsetzung ist hier noch viel regelmäßiger, weil eben die Lichtquelle eine konstantere ist. Während die chemische Wirkung des Sonnenlichtes von der Witterung beeinflußt wird, ist diese beim Auerlicht nur von der unwesentlichen Druckänderung des Gases und von der Lichtemissions-Änderung des Auerstrumpfes abhängig.

Man könnte bei den letzten zwei Versuchen eine gleiche prozentuelle Umwandlung erwarten, was sich jedoch aus den Versuchen nicht ergibt. Dies war übrigens in diesem Falle vorauszusehen, da nach Beendigung des achten Versuches der Zylinder der Auerlampe zerbrach, mit ihm der Strumpf, weshalb in der neunten Versuchsreihe ein neuer Strumpf benützt werden mußte, dessen größerere Lichtintensität dann eine etwas raschere Umwandlung des Chlorwassers verursachte.

Zusammenfassung.

Aus den Resultaten der beschriebenen Versuche ist es ersichtlich, daß die Umkehrung der Reihenfolge der Ingredienzien einen bedeutenden Einfluß auf das sich aus dem Chlornatrium entwickelnde Chlor ausübt.

Daß die beobachteten Unterschiede in den Eigenschaften des Chlors, in diesen Versuchen nicht etwa durch Anwesenheit gewisser fremder Körper verursacht worden sind, kann angenommen werden. In allen Fällen untersuchte man die Chlorlösungen auf alle Körper, welche neben dem Chlor hätten entstehen und dasselbe verunreinigen können. Solche wurden nicht vorgefunden.

Mit einer Möglichkeit mußte insbesondere gerechnet werden. Bei der angewandten Chlordarstellungsmethode ist nämlich die Möglichkeit vorhanden, daß sich Chromylchlorid (CrO_2Cl_2) bildet. Dasselbe ist eine bei 117° C siedende Flüssigkeit und demzufolge ist es nicht ausgeschlossen, daß Spuren dieser Verbindung mit dem Chlor zusammen aus dem Entwicklungskolben entweichen konnten. Das Chromylchlorid zersetzt sich jedoch in Berührung mit Wasser sofort in eine nichtflüchtige Chromverbindung. Die Reaktion verläuft folgendermaßen:

$$CrO_2Cl_2 + 2\,H_2O = H_2CrO_4 + 2\,HCl.$$

Es liegt auf der Hand, daß das eventuell mit dem Chlorstrome mitgerissene Chromylchlorid, durch das in der Waschflasche befindliche Wasser zersetzt und dadurch zurückgehalten wird. Tatsächlich konnten durch die äußerst empfindliche Wasserstoffsuperoxyd-Reaktion Spuren von Chrom in den Waschflaschen nachgewiesen werden. In keinem einzigen Falle jedoch war es möglich, in dem Chlorwasser der Sättigungszylinder auch nur die kleinste Spur von Chrom zu entdecken.

Der Einfluß der verschiedenen Reihenfolge der aufeinander zur Wirkung gelangenden Ingredienzien auf die Eigenschaften des Endproduktes könnte durch die in den einzelnen Fällen verschiedene Massenwirkung erklärt werden.

Bei der Darstellung des Chlors wirken einmal die vereinigten Massen A und B auf die in kleinen Teilen zu ihnen tretende dritte Substanz C. Der sich hierbei bildende neue Körper, in unserem Falle das Chlor, entsteht demzufolge unter bestimmten Massenwirkungen, die verschieden sind von denjenigen, welche eintreten, wenn die Masse von A und C auf die hinzutretenden Teilchen der Sub-

stanz B wirkt. Im ersten Falle kann daher ein anderer intramolekularer Gleichgewichts-Zustand eintreten als im zweiten Falle, und könnten somit die Verschiedenheiten in den physikalischen und chemischen Eigenschaften der resultierenden Körper durch diese verschiedenen Gleichgewichtszustände bedingt sein (event. — nach den Ausführungen von Th. Tommasina — durch eine verschiedene Änderung der Geschwindigkeit und der Bahnen der intraatomischen Wirbel-Bewegung).

Radioaktive Phänomene, welche neuerdings bei der Darstellung von Gasen beobachtet wurden, lassen aber auch die Vermutung zu, daß es sich möglicherweise auch bei der Darstellung des Chlors nach verschiedener Reihenfolge, um tiefergreifende, die Materie der Chloratome betreffende und in die Reihe der radioaktiven Phänomene gehörende Erscheinungen handelt, welche vielleicht eines Tages durch die infolge der verschiedenen Reihenfolge und dementsprechend verschiedener Massenwirkung bedingte, ungleichmäßige Ablösung von Elektronen von der Materie der Chloratome — gedeutet werden könnten.

Jedenfalls würde es sich in erster Linie darum handeln, den Nachweis zu erbringen, daß auch bei der Darstellung von Chlor radioaktive Erscheinungen auftreten, und daß deren Grad bei der nach verschiedener Reihenfolge bewirkten Darstellung meßbare Unterschiede aufweist.

(Eingegangen 23. Oktober 1905.)

Rudolf Reiger (Erlangen), **Über die Verwendung des Telephons zur Beurteilung des Rhythmus in Entladungsröhren.**

Bei den Untersuchungen über Entladungen ändern sich die Verhältnisse in vieler Hinsicht, je nachdem man kontinuierliche oder diskontinuierliche Entladungen hat, und für letztere spez. treten große Unterschiede auf, je nach der Zahl der Entladungen, die in einer bestimmten Zeit erfolgen. Man hat sich daran gewöhnt, die Kontinuität eines Stromes im Entladungsrohr resp. den Grad der Diskontinuität durch Einschalten eines Telephons in den Schließungskreis zu prüfen. Soll durch das Telephon der Rhythmus der Entladung im Rohre bestimmt werden, so ist die Voraussetzung, daß der Rhythmus der Entladung im Rohre und in dem übrigen Stromkreise stets derselbe ist.

Daß dies nicht der Fall zu sein braucht, läßt sich zunächst für zwei verschiedene Röhren in demselben Stromkreis zeigen. Die Kathode der einen Röhre sei ein glühender Platindraht, der mit CaO bedeckt ist.[1]) Durch Änderung des Glühzustandes der Kathode und Parallelschaltung einer Kapazität zu der Entladungsröhre läßt sich leicht eine verschiedene Zahl der Entladungen in beiden Röhren erzielen.

Die Zahl der Entladungen kann jedoch auch für verschiedene Teile desselben Rohres verschieden sein. In einer Geißlerschen Röhre mit glühender Kathode seien vor den Stellen der Querschnittsänderung Sonden eingeführt. Beim Parallelschalten von Kapazitäten zum engeren Röhrenteil wird die Zahl der Entladungen im engen Rohre kleiner als in den weiten Röhrenteilen. Dies ist besonders der Fall, wenn glühende Sonden verwandt werden. Es genügt hier häufig schon die Kapazität der mit den Sonden verbundenen Akkumulatoren und Vorschaltwiderstände des Heizstromes, um eine Verschiedenheit der Zahl der Entladungen in den engen und weiten Röhrenteilen hervorzurufen.

Mitunter genügt auch schon die verschiedene Kapazität der einzelnen Teile der Entladungsröhre, um eine verschiedene Zahl der Entladungen in einzelnen Röhrenteilen zu erzielen. Eine Reihe solcher Fälle habe ich früher beschrieben.[2]) Mit AK seien die Anode und Kathode (Pt-Draht mit CaO) des Entladungsrohres, mit a und k die Striktionsanode und Striktionskathode bezeichnet und mit T_a und T_k das Telephon vor der Anode resp. Kathode.

1. Fall: Das Telephon T_k tönt, während in T_a kein Ton zu hören ist. Im rotierenden Spiegel erscheint die Strecke ak und meist auch Ka schwach diskontinuierlich, während kA kontinuierlich erscheint. (Beobachtet bei Röhren, bei denen die Länge der weiten Röhrenteile Ka und kA klein war.)

2. Fall: In beiden Telephonen ist kein Ton zu hören. Ka und kA erscheinen im Spiegel kontinuierlich, ak erscheint (mitunter sehr stark) diskontinuierlich. (Beobachtet bei Röhren, bei denen die Länge der weiten Röhrenteile Ka und kA groß war.)

3. Fall: Im Telephon T_k ist kein Ton zu hören, während T_a tönt. Ka und ak erscheinen im Spiegel kontinuierlich, ebenso das Glimmlicht bei k und die positive Säule in kA, dagegen treten in der Anodenschicht Diskontinuitäten auf. Waren keine Diskontinuitäten, sondern nur Intensitätsschwankungen an der Anode zu beobachten, so gab das Telephon meistens nur ein Geräusch an.

4. Fall: In beiden Telephonen ist kein Ton zu hören. Im rotierenden Spiegel zeigen sich Diskontinuitäten an der Anodenschicht wie bei Fall 3.

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. **14**, 425, 1904.

2) Sitzungsberichte d. phys.-med. Soz. Erlangen, **37**, 1, 1905; vergl. daselbst auch über frühere Beobachtungen v. O. Lehmann u. E. Wiedemann u. G. C. Schmidt.

Sieht man davon ab, ob die Entladung in den Teilen des Stromkreises, in denen mit Telephon und Spiegel keine Diskontinuität nachzuweisen war, auch wirklich kontinuierlich ist, so läßt sich jedenfalls aus den im vorhergehenden mitgeteilten Beobachtungen der Schluß ziehen:

Die Periode der Entladung kann für die Entladungsröhre selbst, für die Zuleitung und die Ableitung verschieden sein. Ebenso kann die Zahl der Entladungen in gleichen Zeiten für einzelne Teile der Entladungsröhre eine verschiedene sein.

Erlangen, August 1905. Physikal. Institut.

(Eingegangen 20. November 1905.)

N. Piltschikoff (Charkow), Über die Moser-Strahlen.

Den Gegenstand dieser Veröffentlichung bildet das noch so wenig aufgeklärte und so wichtige Problem der schweren und langsam beweglichen Ionen. So neu dieses Problem erscheint, hat es doch seinen Ursprung in einer schon alten Entdeckung, welche Moser gemacht hat. Moser beobachtete nämlich im Jahre 1842 das Vorhandensein einer Strahlung, welche gewisse durchaus reine Metalloberflächen hervorbrachten (beispielsweise eine Medaille oder ein sorgfältig gereinigtes Geldstück). Vor einigen Jahren hat Pellat in der Untersuchung dieses Problems einen großen Schritt vorwärts gemacht durch die Entdeckung der Wirkung einer Metallplatte auf die elektrische Grenzschicht einer anderen Platte aus einem von dem der ersten verschiedenen Metall in einem Abstand von einigen Millimetern oder sogar von einem Zentimeter.

Daraufhin hat man dann die Wirkung untersucht, welche diese Strahlung — die ich zu Ehren des Physikers, der sie entdeckt hat, mit dem Namen „Moserstrahlen" bezeichnen will — auf die photographische Platte ausübt. Es ist beobachtet worden, daß diese Strahlen verschiedene dünne Schirme (Papier, Zelluloid, Gelatine, Aluminium) mehr oder minder leicht durchdringen und die photographische Platte affizieren. Hier hört indessen die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Beobachtern auf: Beispielsweise behaupten einige von ihnen, daß Quecksilber in beträchtlicheren Mengen Moserstrahlen aussende als die übrigen Metalle, während andere wieder erklären, an diesem Metall keine Moserstrahlung festgestellt zu haben. Die einen haben beobachtet, daß in trockener Luft die photographische Wirksamkeit der Moserstrahlen merklich herabgemindert sei; die andern behaupten, daß die Feuchtigkeit keinerlei Einfluß darauf habe. Während gewisse Forscher die Moserstrahlen als von den Metallen abgegebene Dämpfe ansehen, betrachten andere sie als von der Oxydation der Metallsubstanzen herrührendes Wasserstoffsuperoxyd.

In der Absicht, über eine so vielumstrittene Frage ein wenig Licht zu verbreiten, bin ich an die experimentelle Untersuchung der Moserstrahlen herangetreten. Ich teile hier die allgemeinen Ergebnisse der von mir ausgeführten Versuche mit. Zur Abkürzung will ich als positive Strahlen diejenigen bezeichnen, welche Bromsilber zersetzen, als negative diejenigen, welche durch vorausgegangene Einwirkung von Licht zersetztes Bromsilber wiederherstellen, und als neutrale Strahlen diejenigen, welche auf Bromsilber überhaupt keinen Einfluß ausüben. Ich habe nun die folgenden Erscheinungen beobachtet:

1. *Mn, Al, Zn, Cd, Te, Se, Fe* (weiches Eisen, Gußeisen, Stahlsorten); *Co, Ni, Si, B, Pb, Sb, Sn, Zr, Pt, Pd* und lösliches (kolloidales) *Ag* senden positive Moserstrahlen aus;

2. *Os, Ta, Ti* (?) senden negative Moserstrahlen aus;

3. Kupfer und Messing senden wahrscheinlich neutrale Moserstrahlen aus;

4. *Au, Ir, Ro, Ru, Mo* und *Hg* senden keine merkliche Moserstrahlung aus;

5. in einer mittels Phosphorsäureanhydrid getrockneten Luftatmosphäre senden die Metalle nur sehr schwache Moserstrahlung aus;

6. in Luft, welche mittels Schwefelsäure getrocknet worden ist, beobachtet man ceteris paribus Moserstrahlen in beträchtlicher Menge;

7. in Luft, welche mit Feuchtigkeit gesättigt ist, ist ceteris paribus der Betrag der Moserstrahlung stark erhöht;

8. im Geißlerschen Vakuum begegnet man nur unmerklichen Spuren einer Moserstrahlung;

9. ein starkes magnetisches Feld, welches ein schönes Spektrum der Becquerelstrahlen liefert, übt auf die Moserstrahlen keinerlei Einfluß aus;

10. ein elektrisches Feld hat ebensowenig Einfluß;

11. unter der Einwirkung eines Luftstromes, dessen Geschwindigkeit nur einige wenige *CGS*-Einheiten beträgt, werden die Moserstrahlen stark abgelenkt, ein Beweis dafür, wie sehr sich diese Strahlen der Emanation nähern;

12. die Moserstrahlen, und zwar sowohl die positiven als auch die negativen, erregen Strahlungen, welche den Sekundärstrahlen analog sind;

13. die Behauptung, daß die Moserstrahlen Metalldämpfe seien, ist unrichig: Platin sendet bei der Temperatur des Beobachtungsraumes

keine Dämpfe aus; wie sollte man sich übrigens auch erklären, daß Platindämpfe, wie ich es für Moserstrahlen festgestellt habe, Silberblättchen durchdringen, ohne eine Legierung zu bilden?

Moserographie durch ein Aluminiumblättchen. Das Objekt bilden zwei aus einem Zelluloidblättchen ausgeschnittene Buchstaben. (Strahlen von Zink und von Kadmium.)

14. die Behauptung, daß die Moserstrahlen mit Wasserstoffsuperoxyd identisch seien, ist gleichfalls unzulässig: dann müßte ja beispielsweise das Wasserstoffsuperoxyd, welches der Oxydation von Kadmium entspricht, — (die Moserstrahlen des Kadmium zersetzen Bromsilber) — verschieden sein von dem Wasserstoffsuperoxyd, welches der Oxydation von Osmium oder von Tantal entspricht — (die Moserstrahlen dieser Metalle stellen zersetztes Bromsilber wieder her).

Nach meiner Ansicht muß man zur Erklärung obiger Tatsachen das Vorhandensein subatomistischer Gruppen annehmen, d. h. schwerer, langsam beweglicher Ionen, welche sich während der Oxydation der Metalle von der metallischen Oberfläche loslösen, und deren Erscheinen nur der sekundäre Effekt des Prozesses ist.

Bevor ich meine Mitteilung schließe, möchte ich die Aufmerksamkeit der Ärzte auf die Tatsache lenken, daß in der noch so dunklen Frage der Metallotherapie das Studium der Moserstrahlen einen Weg zeigt, welcher etwas rationeller ist als das bloß zufällige Umhertasten. Ich habe beispielsweise gefunden, daß die Moserstrahlen durch die Epidermis hindurchdringen. Wie leicht ersichtlich, bildet die Metallotherapie nur einen Zweig der Radiotherapie. Es wäre sehr intessant, die Wirkung der positiven Moserstrahlen (*Zn, Cd, Pt* usf.) auf den menschlichen Organismus mit derjenigen der negativen (*Ta, Ti, Os*) zu vergleichen, zumal letztere kein Analogon in den Becquerel- und Röntgenstrahlen haben.

Charkow, Physikalisches Laboratorium des Technischen Instituts.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 22. November 1905.)

BESPRECHUNGEN.

Ignacio González Martí, Tratado de física general (Lehrbuch der allgemeinen Physik). I. Band (Mechanik, Molekularphysik, Wärme) mit 332 Textillustrationen, XI + 509 Seiten. Madrid 1904; II. Band (Elektrizität und Magnetismus, Licht, Meteorologie) mit 427 Textillustrationen und einer meteorologischen Karte, 568 Seiten. Madrid 1905. Preis des ganzen Werkes 30 Pesetas = 24 Mark.

Neuerdings beginnt in Spanien, einem Lande, welches sich auf dem Gebiete der exakten Wissenschaften bisher nur wenig betätigt hat, ein regeres Leben. Seit dem Jahre 1903 veröffentlicht die „Spanische physikalisch-chemische Gesellschaft" (Sociedad expañola de física y química), die monatlich einmal erscheinenden „Annalen" (anales), welche fast ausschließlich Originalarbeiten bringen, und seit dem vorigen Jahre ist neben das genannte noch ein zweites Organ, die „Revista de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales" getreten, welches allerdings nicht nur den exakten, sondern auch den sogenannten „beschreibenden" Naturwissenschaften gewidmet ist. Beide Zeitschriften legen ein schönes Zeugnis für den Eifer und die Begeisterung ab, mit denen die spanischen Gelehrten ihren Aufgaben gerecht zu werden sich bemühen, und es ist dringend zu wünschen, daß die spanische Regierung in richtiger Erkenntnis der hohen Bedeutung freier naturwissenschaftlicher Forschung nicht nur für die kulturelle, sondern auch für die volkswirtschaftliche Entwicklung eines Landes die wissenschaftlichen Bestrebungen durch Gewährung der erforderlichen Mittel in jeder Beziehung unterstützt. Spanien ist ein von der Natur so reich begnadetes Land, daß die materielle Vergeltung für die der Wissenschaft erwiesenen Wohltaten dort schneller als in den meisten anderen Ländern eintreten wird.

Als ein erfreuliches Beispiel für die beginnende wissenschaftliche Bewegung in Spanien kann ich auch das zweibändige „Lehrbuch der Experimentalphysik" von Ignacio González Martí, ord. Professor an der Zentral-Universität Madrid und Mitglied der dortigen Akademie, anführen. Das Werk ist mit großer Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit geschrieben und wird

durch seine Klarheit und Verständlichkeit zweifellos viel zur Verbreitung physikalischer Kenntnisse im Lande seines Ursprunges beitragen. Aus der großen Fülle des Materials ist das Wichtigste gut ausgewählt; wesentliche Lücken hat der Referent nicht gefunden. Den Anwendungen physikalischer Gesetze auf die wissenschaftliche und industrielle Technik ist große Aufmerksamkeit geschenkt, ein Umstand, der ebenso wie die Anfügung eines kurzen Kapitels über die meteorologischen Phänomene die Brauchbarkeit des Buches nur erhöht. Da das Werk gleichzeitig für Physiker und Nichtphysiker bestimmt ist, so sind die für weitere Kreise weniger interessanten Kapitel — sie enthalten hauptsächlich mathematische Ableitungen und die Besprechung speziellerer Fragen — durch kleineren Druck gekennzeichnet. Die höhere Mathematik ist vermieden, man scheint also in Spanien in dieser Hinsicht mit ähnlichen Schwierigkeiten wie in Deutschland zu kämpfen. Das Inhaltsverzeichnis ist sorgfältig zusammengestellt, jedoch wäre, wie dem Unterzeichneten scheint, die Beigabe eines alphabetischen Autoren- und Sachregisters trotzdem zweckmäßig gewesen.

W. Mecklenburg.

(Eingegangen am 8. September 1905.)

G. W. Berndt, Physikal. Praktikum. I. Teil. 8. XIX u. 309 S. mit 74 Figuren. Halle a. S., Carl Marhold. 1906. M. 3.80, gebunden M. 4.—.

Der Verfasser bemerkt, ihn habe zur Abfassung des Buches die Beobachtung veranlaßt, daß Kohlrausch für einen Anfänger zu schwer sei. Man kann ja verschiedener Meinung darüber sein, ob man auch vom Anfänger-Praktikanten schon eine leidliche Kenntnis der Experimental-Physik voraussetzen soll oder nicht. Setzt man nur geringe Vorkenntnisse voraus, so ist zuzugeben, daß Kohlrausch schwierig ist. Derselbe Einwand dürfte aber keinesfalls gegen das hübsche Buch von Wiedemann-Ebert gemacht werden können. Ich wundere mich daher, daß der Verfasser dieses Buch nicht erwähnt. Mir jedenfalls scheint das neue Buch eine Reihe der Vorzüge, die das Wiedemannsche besitzt, nicht zu haben, darum glaube ich, daß Wiedemann für den Anfänger-Praktikanten durchaus geeigneter ist als Berndt. Dort wird das Prinzipielle eines Versuchs schärfer und klarer hervorgehoben, während es bei Berndt inmitten einer großen Zahl von praktischen Winken steckt. Man vergleiche hierzu in beiden Büchern z. B. die Abschnitte über Dampfdichtebestimmungen.

Gewiß sind praktische Winke überhaupt und auch die hier gegebenen durchaus wertvoll. Aber ich meine, die praktische Ausführung zu lehren ist mehr Sache des Praktikums selbst, also des Dozenten und Assistenten, gerade das Anfängerbuch soll in erster Linie das Wesentliche des Versuchs zur Darstellung bringen. Wenn es außerdem auch praktische, technische Anleitung geben will, gut, aber nur nebenbei.

Nicht glücklich ist auch die Methode, neue Begriffe da zu erörtern, wo sie zuerst auftreten. Das bringt gleichfalls Unterbrechungen in die Darstellung. Bei der Vorbereitung zum Praktikum, die ja großenteils erfolgt, ehe der Praktikant den Apparat gesehen hat, wäre eine größere Zahl von Figuren zur Erleichterung des Verständnisses erwünscht.

Sehr viel Raum beanspruchen die ausführlich durchgeführten Musterbeispiele, die zu jedem Kapitel zugefügt sind. Referent hält davon nicht viel, bei einer hier erfolgten Besprechung der Neuauflage von Wiedemann hat er das Fehlen der ausführlichen Beispiele als Vorzug angegeben. Gewiß kann durch sie der Praktikant auf die Genauigkeitsgrenze aufmerksam gemacht werden. Die Gefahr des mechanischen Benützens solcher Musterbeispiele — wenn sie überhaupt gelesen werden — hebt diesen Vorteil bei weitem auf.

Gegen die Auswahl an sich ist kaum etwas zu sagen. Doch ist mir auch da ein Buch, das eine größere Zahl von Versuchen bringt und die Auswahl jedem Institut überläßt, lieber.

H. Kochan.

(Eingegangen 11. Dezember 1905.)

Gustav Jäger, Theoretische Physik. II. Teil: Licht und Wärme. III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. 153 bezw. 149 S. kl. 8. Sammlung Göschen, Nr. 77 und 78. Dritte Auflage. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung. 1905. Gebunden je M. 0,80.

Vor einiger Zeit hatte ich Gelegenheit, den ersten Teil des nunmehr in dritter verbesserter Auflage fertig vorliegenden Werkes an gleicher Stelle zu besprechen (s. diese Zeitschr. **6**, 431, 1905). Es erübrigt mir heute nur, das günstige Urteil über den ersten Teil auch auf die beiden anderen Bändchen auszudehnen. Das Jägersche Buch erfreut sich längst und mit vollem Recht einer derartigen Verbreitung und Beliebtheit, daß es überflüssig wäre, weiteres zu seinem Lobe zu sagen. — Mit Freuden ist der Plan der Verlagshandlung zu begrüßen, die neue Auflage gegenüber den früheren durch Angliederung eines vierten Bändchens zu erweitern, in welchem der Verfasser die „Elektromagnetische Licht- und Elektronentheorie" behandeln wird. Hoffentlich wird das Erscheinen dieses angekündigten Ergänzungsbandes recht bald erfolgen.

Max Ikle.

(Eingegangen 6. Dezember 1905.)

H. Kurella, Elektrische Gesundheits-Schädigungen am Telephon. Ein Beitrag zur Elektropathologie. (Zwanglose Abhandlungen aus dem Gebiete der Elektrotherapie und Radiologie. Heft 5.) gr. 8. 56 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1905. M. 1,50.

Kurella hat 6 Fälle von elektrischen Gesundheitsschädigungen am Telephon beobachtet.

Unter Zugrundelegung der Krankengeschichten stellt Kurella eine Reihe von Betrachtungen an, besonders über Schädigung durch Starkstrom und hebt folgende drei Punkte, die er als sichergestellt betrachtet, hervor:

1. Berufsmäßiges Telephonieren kann, falls es übertrieben wird, eine allgemeine Nervosität mit verschiedenen Symptomen, auch seitens des Gehörorgans, hervorrufen.

2. Stärkere elektrische Erregung des Telephons kann lediglich durch Einwirkung auf das Ohr, neben anatomischen Schädigungen dieses Organs allgemeine Nervosität hervorrufen.

3. Hochspannungs-Entladungen, die in die Telephonleitung gelangen, können schwere organische Läsionen des Nervensystems hervorrufen.

P. Heiberg.

(Eingegangen 13. Dezember 1905.)

Tagesereignisse.

Einweihungsfeier der neuerbauten physikalischen Institute der Universität Göttingen.

Am 9. Dezember wurden die neuerbauten physikalischen Institute der Universität Göttingen in feierlichem Festakte ihrer Bestimmung übergeben. Auf dem großen Terrain in der Bunsenstraße erhebt sich in rotem Backstein das umfangreiche Hauptinstitut, welches mit einem Kostenaufwande von rund 400000 Mark errichtet, die Abteilung für Experimentalphysik und die Abteilung für theoretische Physik beherbergt. Dieses Institut ist seit Beginn des Sommersemesters in Benutzung. Daneben, in besonderem Bau, hat die seit 10 Jahren bestehende Abteilung für angewandte Elektrizitätslehre ihre Wirkungsstätte. Diese Abteilung und das im alten physikalischen Institute Prinzenstraße nunmehr würdig untergebrachte Institut für angewandte Mathematik und Mechanik sind die Früchte der Bestrebungen, an der Göttinger Universität auch die angewandten Wissenschaften kräftig zur Geltung zu bringen, Bestrebungen, die seit Jahren von der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik mit stets wachsendem Erfolge betätigt werden.

Der Neubau der Abteilung für angewandte Elektrizitätslehre wurde mit einem Kostenaufwande von 75000 Mark vom Staate errichtet. Die innere Einrichtung mit 25000 Mark ist ganz von der Göttinger Vereinigung beschafft worden.

Viele auswärtige Gäste waren der Einladung zu den Einweihungsfeierlichkeiten gefolgt. Zahlreiche auswärtige Gelehrte, darunter viele frühere Dozenten der Göttinger Universität, ferner zahlreiche industrielle Mitglieder der Göttinger Vereinigung.

Der Festakt wurde in Vertretung des Herrn Kultusministers durch den Kurator der Georg August-Universität eröffnet, der die Institute ihrer Bestimmung übergab und verkündete, daß nunmehr die Abteilung für angewandte Elektrizitätslehre als dritte Abteilung des physikalischen Instituts selbständig einem Institutsdirektor unterstehen solle, und daß Prof. Dr. Simon zum Direktor derselben ernannt sei. Daran schloß sich die Mitteilung einer Reihe von aus Anlaß der Feier verliehenen Ehrungen und Ordensauszeichnungen.

Herr Geh. Rat Riecke hielt alsdann die Festrede. Nach herzlichem Danke an die Staatsregierung gab er eine historische Übersicht über die Entwickelung der Göttinger Physik, von der Zeit Lichtenbergs, in der es physikalische Institute noch nicht gab, sondern der Professor sich aus eigenen Mitteln ein Demonstrationskabinett halten mußte, bis auf den heutigen Tag und verweilte bei den großen Namen, die der Göttinger Physik ihre heutige Stellung gegeben haben, insbesondere W. Weber. Er zeigte, wie dann allmählich das physikalische Institut in Göttingen einen selbständigen Sproß nach dem anderen abzweigte, zuerst die Abteilung für theoretische Physik, dann das Institut für physikalische Chemie, das Institut für technische Physik, das geophysikalische Institut, das Institut für angewandte Elektrizitätslehre. Und dann gab er im Hinweis auf die große moderne Entwickelung der Physik einen Ausblick in die Zukunft und entwickelte die Gesichtspunkte, nach denen das neue Institut für die zukünftige Arbeit zweckmäßig eingerichtet worden sei. Ähnliche Darlegungen über die speziellen Absichten, die bei der Einrichtung ihrer Abteilungen obgewaltet hätten, gaben Geh. Rat Voigt und Prof. Simon und luden gleichfalls zur Besichtigung ein. Der letztere dankte namentlich auch der Göttinger Vereinigung, durch deren tatkräftige Unterstützung das Institut für angewandte Elektrizitätslehre zustande gekommen sei. Dann brachte der Prorektor die Glückwünsche der Universität, der Dekan die Glückwünsche der philosophischen Fakultät dar. Der letztere verkündete, daß die Fakultät dem Tage zu Ehren sechs Ehrendoktoren zu ernennen beschlossen habe, darunter die bekannten Physiker Zeeman, Amsterdam, H. Becquerel, Paris, Heaviside, Newton Abbot (England) und J. J. Thomson, Cambridge.

Mit der Verlesung einer künstlerisch ausgestatteten Dankadresse der Göttinger Vereinigung an Exzellenz Althoff fand die offizielle Feier ihr Ende und die Führung durch die Institute begann.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Professor Dr. Dieterici von der Technischen Hochschule zu Hannover nahm eine Berufung als o. Professor für Physik an die Universität Rostock an. Professor Dr. Otto Blumenthal wurde eine etatmäßige Professur für Mathematik an der Technischen Hochschule zu Aachen übertragen.

Der mit einem Lehrauftrag für Ingenieurwissenschaften an der Technischen Hochschule in München betraute Oberingenieur am Simplontunnel Dr. phil. hon. c. Konrad Pressel und der Privatdozent der Mathematik an der Universität München Dr. H. Brunn wurden zu Honorarprofessoren an der Technischen Hochschule München ernannt.

An der böhmischen Technischen Hochschule in Prag habilitierte sich Dr. Johann Sebor für theoretische und technische Elektrochemie, an der Technischen Hochschule zu Berlin Dr. Ing. Georg Hilpert für „Berechnung elektrischer Maschinen und Apparate", an der Universität München Dr. Fritz Hartogs für Mathematik.

Der Titel und Rang eines a. o. Professors wurde dem Privatdozent für Chemie an der Universität München Dr. Walter Dieckmann, der Professortitel dem Privatdozenten für Mathematik an der Universität Göttingen Dr. Ernst Zermelo verliehen.

Dem etatmäßigen Professor für elektrische Konstruktionslehre der Berliner Technischen Hochschule Dr. Ing. Walter Reichel und dem a. o. Professor der Chemie an der Universität Berlin Dr. Siegm. Gabriel ist der Charakter als „Geheimer Regierungsrat" verliehen worden.

In Posen ist der Dozent der Naturwissenschaften an der Königlichen Akademie und Vorsteher der chemischen Abteilung am dortigen Hygienischen Institut, Dr. phil. Hermann Jaeckle gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.